The Journal of Industrial Technology Thepsatri Rajaphat University

วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ISSN 3027-849X (Online)

Vol. 20, No. 1, January - June 2025

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2568

บรรณาธิการ

รศ.ว่าที่ ร.ต.ดร.ชูชาติ พยอม

ผู้ช่วย**บรรณาธิการ**

ผศ.ดร.ลลิลธร มะระกานนท์ ผศ.ดร.กุลสมทรัพย์ เย็นฉ่ำชลิต ผศ.ดร.ธาดา คำแดง

ผู้ทรงคุณวุฒิในกองบรรณาธิการ

ศ.ดร.สุมาลี สังข์ศรี	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ศ.ดร.สายัณห์ ทัดศรี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.วุฒิพงศ์ อารีกุล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.โกสินทร์ จำนงไทย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.ธีรศิลป์ ทุมวิภาต	สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา
รศ.ดร.สุมาลี อุณหวณิชย์	สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา
รศ.ดร.ชนศักดิ์ บ่ายเที่ยง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.มนตรี ศิริปรัชญานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.กฤษณ์ อ่างแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.ชูสิทธิ์ ประดับเพ็ชร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ฝ่ายจัดการวารสาร

นางนภาพร รอดแก้ว นางสาววัชรี ภูรักษา

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ได้แก่ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมการเกษตร เทคโนโลยีสารสนเทศ การจัดการอุตสาหกรรม

กำหนดการออกวารสาร

ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน และฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม

ลักษณะบทความ

1. ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อนหรือต้องไม่อยู่ในขั้นตอนการพิจารณาเพื่อเผยแพร่ในวารสารอื่น
2. ต้องเป็นผลงานวิจัยที่มีผลกระทบในวงกว้างที่ไม่ใช่งานวิจัยในระดับสถาบัน

บทความที่ลงพิมพ์เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น
ผู้เขียนจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใดๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความนั้น

สารบัญ

	หน้า
การลดความสูญเสียในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยการออกแบบอุปกรณ์ช่วยป้องกันความผิดพลาดโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดโพคา-โยเกะ Loss Reduction in a automotive Part Manufacturing Through POKA-YOKE-Based Eror-Prevention Device Design ธนธัช มั่นมงคล, สุทธิดา การะเวก และ ศรินยา ประทีปชนะชัย*	1
การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโรตารี่พรวนดินด้วยการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน กรณีศึกษา บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด Enhancing Rotary Tiller Production Efficiency Through the Application of Lean Manufacturing A Case Study of Sirivatana Lohakij Co., Ltd. ดนัย สอนสุภาพ, ศรินยา ประทีปชนะชัย, นรินทร์ กุลนภาดล, สุวิทย์ ธรรมแสง และ ยุทธณรงค์ จงจันทร์*	14
การทำนายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการออกกลางคันของนักศึกษา โดยใช้เทคนิคดาต้า ไมน์นิง กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร Predicting Factors Influencing Student Dropout Using Data Mining Techniques: A Case Study of Kamphaeng Phet Rajabhat University จินดาพร อ่อนเกตุ*, ฆัมภิชา ตันติสันติสม , พรหมเมศ วีระพันธ์, นรุตม์ บุตรพลอย, กนกวรรณ เขียววัน และ คมกริช กลิ่นอาจ	29
การพัฒนาระบบไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณยานพาหนะควบคุมด้วยพีแอลซี Development of an automatic traffic light control system based on the number of vehicles from PLC control ศุภวัฒน์ ลาวัณย์วิสุทธิ์ และ ชัยยศ คำมี*	38
The TMR Estimation based on Data Science Technique in Bit Patterned Media Recording System Atiskit Tanaphatsittha, Anucha Tungkatsathan, and Wiparat Busyatras*	46
การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการปลูกไผ่แบบผสมผสานกับพืชต่างชนิด A break-even Point Analysis of Bamboo Intercropping with Other Plants วรฤทัย ชูเทียร*, เพ็ญพิสุทธิ์ ทองหยวก, ธนบรรณ แก้วไทรหาญ, ตะวันฉาน พิทักษ์ประเวศ และ พรศรี เจริญพานิช	52

การลดความสูญเสียในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยการออกแบบอุปกรณ์ช่วยป้องกันความผิดพลาดโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดโพคา-โยเกะ

Loss Reduction in a automotive Part Manufacturing Through POKA-YOKE-Based Eror-Prevention Device Design

ธนธัช มั่นมงคล[1] สุทธิดา การะเวก[2] และศรินยา ประทีปชนะชัย[3*]
Tanatat Monmongkol[1], Sutthida Karawek[2] Sarinya Prateepchanachai[3*]

[1,2]สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และกระบวนการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

[1,2]Department of Logistics and Process Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University
[3*]Department of Industrial Management Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University Chachoengsao Province
*Email: sarinya@techno.rru.ac.th
Received: January 14, 2025; Revised: April 10, 2025; Accepted: May 7,2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง ของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์รายหนึ่ง ปัญหาหลักที่พบคือการเชื่อมโบลท์ (Bolt) ผิดตำแหน่งในกระบวนการเชื่อมจุด ส่งผลให้ปริมาณของเสียเฉลี่ยในช่วง 6 เดือนก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 52.85 PPM ซึ่งสูงเกินมาตรฐานที่บริษัทกำหนดไว้ไม่เกิน 10 PPM ถึง 428.5% การวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาใช้หลักการ 3 จริง ได้แก่ สถานที่จริง สถานการณ์จริง และชิ้นงานจริง ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม ทำไม ทำไม พบว่าสาเหตุหลักมาจากการขาดอุปกรณ์ช่วยป้องกันความผิดพลาดในการทำงาน ที่ช่วยควบคุมตำแหน่งโบลท์ระหว่างการเชื่อม ผู้วิจัยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ช่วยวิเคราะห์ซ้ำเพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไข ผลการวิเคราะห์นำเสนอให้มีการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดในขั้นการใส่โบลท์เชื่อมจุด และอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดในการตรวจสอบคุณภาพที่มีระบบเซ็นเซอร์กึ่งอัตโนมัติสำหรับตรวจสอบตำแหน่งโบลท์แบบเรียลไทม์ หลังจากนำมาทดลองใช้งานจริงพบว่า ปริมาณของเสียลดลงจาก 52.85 PPM เหลือ 0 PPM ทำให้การตรวจจับข้อผิดพลาดมีความแม่นยำขึ้นจาก 85% เป็น 100% และสร้างความพึงพอใจของลูกค้า จากการลดปัญหาการเคลมงาน นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงเอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงานในรายละเอียดที่ยังไม่ถูกกำหนด เพื่อให้มั่นใจว่าพนักงานสามารถใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องครบถ้วนตามขั้นตอน และมีประสิทธิภาพ การปรับปรุงครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ อุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดในการทำงาน ในการเพิ่มคุณภาพและลดของเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : การป้องกันข้อผิดพลาด, การเชื่อจุด, ข้อบกพร่องที่หลุดรอดออกไป, หลักการ 3 จริง

Abstract

This research aimed to analyze and resolve defect issues in the production process of fuel pipe support plates for an automotive parts manufacturing company. The primary issue identified was the misalignment of bolts during the spot-welding process, which led to an average defect rate of 52.85 PPM over the six months prior to the improvement—exceeding the company's standard limit of 10 PPM by 428.5%. To identify the root cause of the problem, the "3 Reals" principle was applied, involving the real place, the real situation, and the real object, alongside the "Why-Why" questioning technique. The analysis

revealed that the main cause was the absence of error-proofing equipment to control bolt positioning during welding. The researchers further applied the 5W1H technique to refine the analysis and determine corrective measures. The proposed solutions included the design of error-proofing devices for bolt placement during spot welding and a semi-automated quality inspection system with real-time bolt position sensors. After implementing these devices in the production process, the defect rate significantly decreased from 52.85 PPM to 0 PPM. Improving error detection accuracy from 85% to 100%, resulting in enhanced customer satisfaction by minimizing product claims. Additionally, the company revised its standard operating procedures (SOPs) by adding detailed guidelines to ensure workers use the equipment correctly and effectively. This improvement demonstrated the effectiveness of error-proofing devices in enhancing product quality and significantly reducing defects.

Keywords: Poka-yoke, spot-welding, Defect Outflow, Three Reals Principle

1. บทนำ

บริษัทตัวอย่างเป็นผู้รับผลิตชิ้นส่วนสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยมีความมุ่งมั่นในการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพสูงสุดและสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าภายใต้ระบบบริหารคุณภาพ ISO/IATF16949 โดยมุ่งเน้นตามนโยบายคุณภาพของบริษัท คือ “สรรสร้างผลิตภัณฑ์ที่ดี มีคุณภาพ ภายใต้เงื่อนไขความพึงพอใจของลูกค้าและมุ่งพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่อง” ปัจจุบันสายการผลิตชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง (Support Fuel Pipe) ประสบปัญหาการเกิดของเสียเกินกว่าที่บริษัทตั้งเป้าหมายไว้ที่ 8 PPM โดยในปี พ.ศ. 2566 มีการส่งมอบสินค้าทั้งหมด 398,505 ชิ้น แต่มีการเคลมสินค้าคืนจากลูกค้าจำนวน 16 ชิ้น คิดเป็น 40.15 PPM ซึ่งสูงกว่าเป้าหมายที่กำหนดอย่างชัดเจน และในช่วงเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2567 มีการผลิตแล้ว 227,057 ชิ้น พบว่ามีงานที่ลูกค้าส่งเคลมกลับมา 12 ชิ้น คิดเป็น 58.85 PPM ซึ่งมากกว่าข้อตกลงที่กำหนดไว้อย่างชัดเจนสาเหตุของปัญหาดังกล่าวพบว่ามาจากกระบวนการเชื่อมจุด (Spot Welding) สำหรับยึดโบลท์กับชิ้นงานที่ตำแหน่งผิดพลาด โดยจากการใช้หลักการ 3 จริง (3 Gen) พบว่าพนักงานปฏิบัติงานตามมาตรฐาน แต่ยังไม่มีการระบุตำแหน่งที่ชัดเจนในการเชื่อมโบลท์ บริษัทจึงมีแนวคิดในการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดของเสียให้ต่ำกว่า 10 PPM ตามมาตรฐานและข้อตกลงที่ทำไว้กับลูกค้า ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ Roca-Ramos et al. (2019) [1] ใช้เทคนิค Poka-Yoke ออกแบบรถเข็นขนส่งที่มีระบบป้องกันเพื่อควบคุมการเคลื่อนย้ายสุขภัณฑ์ในโรงงานผลิตขนาดกลางใน ซึ่งประสบปัญหาของเสียจากการตกหล่นและการเคลื่อนย้ายที่ไม่มีประสิทธิภาพ เป็นตัวอย่างที่ชัดเจนของการประยุกต์ใช้ Poka-Yoke โดยเน้นการควบคุมการเคลื่อนย้ายวัสดุเพื่อป้องกันความเสียหายก่อนจะเข้าสู่กระบวนการผลิตจริง ซึ่งช่วยเพิ่มผลิตภาพการผลิตได้ถึง 24% และลดปัญหาสินค้าเสียหายจากการขนส่งผิดวิธีได้อย่างมีนัยสำคัญ

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาและแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิตแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง (Support Fuel Pipe) ในขั้นตอนการเชื่อมจุด (Spot Welding) ซึ่งพบว่าเกิดข้อผิดพลาดจากการใส่โบลท์ (BOLT) ผิดตำแหน่งและมีของเสียหลุดรอดการตรวจสอบไปถึงลูกค้า โดยตั้งเป้าหมายในการประเมินผลหลังจากดำเนินมาตรการปรับปรุง สถิติการเกิดของเสียในสายการผลิต และตรวจสอบว่าค่าของเสียลดลงจนสามารถบรรลุเป้าหมาย Defect Outflow < 10 PPM

2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลิตภาพการผลิต (Productivity) [2]

ผลิตภาพการผลิต (Productivity) เป็นแนวคิดสำคัญในการวัดความสามารถในการใช้ทรัพยากร เช่น แรงงาน วัตถุดิบ เครื่องจักร และเวลา เพื่อสร้างผลผลิตสูงสุดอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ผลิตภาพที่ดีมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการลดต้นทุนการผลิต โดยช่วยลดการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลือง เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร และลดข้อผิดพลาดในกระบวนการ ผลิตภาพที่เพิ่มขึ้นมักมาพร้อมกับคุณภาพสินค้าที่ดีขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการแข่งขันขององค์กรสูงขึ้นในตลาดโลก นอกจากนี้ ยังช่วยส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจ การสร้างงาน และเพิ่มรายได้ของประชากรในภาพรวม องค์ประกอบหลักของผลิตภาพ ได้แก่ คุณภาพ (Quality) ต้นทุน (Cost) การส่งมอบ (Delivery) ความปลอดภัย (Safety) ขวัญกำลังใจ (Morale) และสิ่งแวดล้อม (Environment) องค์กรสามารถเพิ่มผลิตภาพได้ด้วยเครื่องมือ เช่น Lean Manufacturing, Six

Sigma, Kaizen, 5S, TQM, JIT และ Poka-Yoke ซึ่งช่วยลดความสูญเปล่า ป้องกันข้อผิดพลาด และเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการอย่างต่อเนื่อง การนำแนวทางเหล่านี้มาใช้ไม่เพียงเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต แต่ยังช่วยสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันและความยั่งยืนในระยะยาว โดยเฉพาะในยุคที่การแข่งขันสูงและความต้องการของลูกค้ามีความหลากหลายมากขึ้น

2.2 อุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด (Poka-Yoke) [3]

หลักการโพคาโยเกะ (Poka-Yoke) เป็นแนวคิดจากญี่ปุ่นที่มุ่งเน้นการป้องกันข้อผิดพลาดจากความไม่ตั้งใจของมนุษย์ในกระบวนการผลิต โดยถูกพัฒนาโดย Shigeo Shingo จากระบบ Toyota Production System (TPS) ซึ่งเน้นการลดความสูญเปล่าและเพิ่มคุณภาพสินค้า หลักการนี้แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบหลัก ได้แก่ การป้องกันข้อผิดพลาด (Error Prevention) เช่น พอร์ต USB ที่เสียบได้ทางเดียว การแจ้งเตือนข้อผิดพลาด (Error Detection) เช่น สัญญาณเตือนเมื่อไม่ได้คาดเข็มขัดนิรภัย และกลไกความปลอดภัย (Fail-Safe Mechanism) เช่น เครื่องจักรหยุดทำงานเมื่อชิ้นส่วนวางผิดตำแหน่ง Poka-Yoke ช่วยลดข้อผิดพลาดจากมนุษย์ เพิ่มคุณภาพสินค้า ลดของเสีย และเพิ่มความปลอดภัยในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับขนาดชิ้นงานในสายการผลิต และเครื่องซักผ้าที่ไม่เริ่มทำงานหากฝาเปิดอยู่ องค์ประกอบสำคัญของหลักการนี้ประกอบด้วย

ความเรียบง่าย, การตรวจจับได้ทันที, การทำงานอัตโนมัติ และการควบคุมการทำงาน การเลือกนำหลักการโพคาโยเกะ (Poka-Yoke) มาใช้ในกระบวนการผลิตจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ลดต้นทุนจากข้อผิดพลาด และสร้างความมั่นใจในคุณภาพสินค้าได้อย่างยั่งยืน [4]

2.3 ความสูญเปล่า 7 ประการ (Seven Wastes) [5]

ความสูญเปล่า 7 ประการ (Seven Wastes) เป็นแนวคิดในระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ที่มุ่งเน้นการขจัดกิจกรรมที่ไม่สร้างมูลค่าในกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุน โดยแบ่งออกเป็น 7 ประเภทหลัก ได้แก่ (1) ความสูญเปล่าจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction) ที่เกิดจากการผลิตสินค้าเกินความต้องการ ส่งผลให้เกิดต้นทุนการจัดเก็บที่สูงขึ้น (2) ความสูญเปล่าจากการรอคอย (Waiting) เกิดจากเครื่องจักรหรือแรงงานหยุดรอ ส่งผลให้กระบวนการผลิตล่าช้า (3) ความสูญเปล่าจากการขนย้าย (Transportation) คือการขนส่งสินค้าที่ไม่จำเป็น ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงในการเสียหาย (4) ความสูญเปล่าจากกระบวนการ (Overprocessing) ที่เกิดจากการทำงานเกินความจำเป็นโดยไม่เพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า (5) ความสูญเปล่าจากสินค้าคงคลัง (Inventory) เกิดจากการเก็บวัตถุดิบหรือสินค้ามากเกินไป ส่งผลต่อการใช้พื้นที่จัดเก็บและต้นทุน (6) ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหว (Motion) เช่น การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นของแรงงานหรือเครื่องจักร และ (7) ความสูญเปล่าจากของเสีย (Defects) ที่เกิดจากข้อผิดพลาดในการผลิต ทำให้ต้องซ่อมหรือผลิตใหม่ การลดความสูญเปล่าเหล่านี้สามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือ Lean เช่น Just-In-Time (JIT), Kanban, 5S และ Value Stream Mapping (VSM) ซึ่งช่วยให้องค์กรสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน ลดต้นทุน และเพิ่มคุณภาพสินค้าได้อย่างยั่งยืน คล้ายกับงานวิจัย [6] ประยุกต์ใช้เทคนิคระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) และ ซิกส์ซิก มา (Six Sigma) เพื่อลดข้อผิดพลาดในกระบวนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวม ผลการศึกษาสามารถลดกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่าในสายการผลิต เช่น การขนย้ายวัสดุที่ไม่จำเป็นหรือเวลารอในกระบวนการ ส่งผลให้สามารถลดความผิดพลาดในสายการผลิตลง 25% และเพิ่มกำลังการผลิตได้ 15% โดยไม่ต้องเพิ่มทรัพยากรเพิ่มเติม

2.4 การตั้งคำถาม "ทำไม ทำไม" (5 Whys) [7]

การตั้งคำถาม "ทำไม ทำไม" (5 Whys) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์รากเหง้าของปัญหา (Root Cause Analysis) ที่พัฒนาโดย Sakichi Toyoda และใช้ในระบบ Toyota Production System (TPS) โดยมีหลักการตั้งคำถามซ้ำ ๆ ด้วยคำว่า "ทำไม" อย่างน้อย 5 ครั้ง เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา เทคนิคนี้ช่วยให้องค์กรสามารถระบุสาเหตุเชิงลึกและแก้ไขได้อย่างตรงจุด เช่น หากเครื่องจักรหยุดทำงาน การถามคำถาม "ทำไม" ครั้งแรกอาจพบว่าสาเหตุคือมอเตอร์ขัดข้อง แต่เมื่อถามต่อไปอีก อาจพบว่าสาเหตุแท้จริงคือการขาดแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ข้อดีของเทคนิคนี้คือความเรียบง่าย ใช้งานได้ทันที และเหมาะสำหรับปัญหาที่ไม่ซับซ้อน อย่างไรก็ตาม เมื่อนำไปใช้กับปัญหาที่ซับซ้อน ควรใช้ร่วมกับเครื่องมืออื่น เช่น Ishikawa Diagram เพื่อความแม่นยำมากขึ้น หลังจากวิเคราะห์ด้วย 5 Whys แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุ เช่น การจัดทำแผน PM หรืออบรมพนักงานเพื่อป้องกันการเกิดซ้ำ ทำให้เทคนิคนี้เป็นเครื่องมือสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตอย่างยั่งยืน

2.5 เทคนิคการตั้วคำถาม 5W1H

เทคนิค 5W1H เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา โดยใช้คำถาม 6 ข้อ ได้แก่ What (ทำอะไร), Why (ทำไม), Who (ใคร), Where (ที่ไหน), When (เมื่อไหร่) และ How (อย่างไร) เพื่อตรวจสอบและระบุสาเหตุรากเหง้าของปัญหา เทคนิคนี้ช่วยให้สามารถ

รวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบและเข้าใจถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ช่วยในการตัดสินใจที่มีข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ งานวิจัยของ [8] นำเทคนิคนี้มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์เพื่อระบุสาเหตุของความสูญเปล่า เช่น การขนย้ายวัสดุที่ไม่จำเป็นและการใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้ 5W1H สามารถลดของเสียลงได้ถึง 15% และเพิ่มกำลังการผลิตได้ถึง 20% โดยการตั้งคำถามเชิงโครงสร้างช่วยในการระบุปัญหาหลักและแนวทางการปรับปรุงอย่างตรงจุด นอกจากนี้ เทคนิคนี้ยังช่วยลดการใช้พลังงานและทรัพยากร ซึ่งส่งเสริมความยั่งยืนในอุตสาหกรรมการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6 หลักการ 3 จริง (3 Gen) [9]

หลักการ 3 จริง (3 Gen) ในระบบ Toyota Production System (TPS) เป็นแนวคิดสำคัญที่พัฒนาโดย Taiichi Ohno ซึ่งประกอบด้วย Genba (สถานที่จริง), Genbutsu (สิ่งของจริง) และ Genjitsu (ข้อมูลจริง) โดยเน้นให้ผู้จัดการหรือผู้รับผิดชอบลงพื้นที่จริงเพื่อสังเกตและวิเคราะห์ปัญหาจากข้อเท็จจริง Genba คือการไปยังสถานที่เกิดปัญหา เช่น สายการผลิต เพื่อสังเกตสภาพแวดล้อมและพฤติกรรมในการทำงาน Genbutsu คือการตรวจสอบสิ่งของจริง เช่น สินค้าที่มีข้อบกพร่องหรือเครื่องจักรที่ขัดข้อง เพื่อระบุสาเหตุโดยตรง ส่วน Genjitsu คือการใช้ข้อมูลจริง เช่น สถิติการผลิตและจำนวนสินค้าที่เสียหาย เพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาจากข้อเท็จจริง ข้อดีของหลักการนี้คือช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจ เพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ และสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ อย่างไรก็ตาม ต้องใช้เวลารวบรวมข้อมูลและความชำนาญในการวิเคราะห์ เมื่อนำไปใช้อย่างถูกต้องจะช่วยให้องค์กรสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน [10]

2.7 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้แนวคิด Poka-Yoke (โพคา-โยเกะ) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการป้องกันความผิดพลาดและการลดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ที่ต้องการคุณภาพสูงสุดและการลดความสูญเสียให้น้อยที่สุด ซึ่งมีงานวิจัยมากมายที่อาศัยแนวคิดนี้ในการแก้ไขปัญหา เช่น

งานวิจัยของ Lazarevic,M.,Mandic,J.,& Sremcev,N. [11] ที่ประยุกต์ใช้ทฤษฎี Poka-Yoke ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ช่วยลดข้อผิดพลาดในการผลิตผ่านการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดอัตโนมัติ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งชิ้นส่วนและระบบเตือนข้อผิดพลาด ทำให้สามารถลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ลงได้ถึง 60% ผลลัพธ์ที่ได้คือการลดของเสีย (Defect) อย่างมีนัยสำคัญ พร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยลดเวลาที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาและทำให้การผลิตต่อเนื่องมากขึ้น ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีความแม่นยำและคุณภาพสูงขึ้นตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

งานวิจัยของที่ Purba, H.H., Tosa, F.A., & Santoso, Y. [12] ที่ประยุกต์ใช้หลักการ Poka-Yoke ในการประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ช่วยลดข้อผิดพลาดจากความผิดพลาดของพนักงานและความคลาดเคลื่อนในการตั้งค่าการผลิต โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการจัดวางชิ้นส่วนและระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ ผลลัพธ์จากการปรับปรุงสามารถลดข้อผิดพลาดได้ถึง 50% พร้อมเพิ่มความสม่ำเสมอของคุณภาพและลดเวลาหยุดสายการผลิต นอกจากนี้ยังช่วยลดต้นทุนการตรวจสอบซ้ำและของเสีย รวมถึงลดเวลาในการฝึกอบรมพนักงานเนื่องจากระบบสามารถตรวจจับข้อผิดพลาดได้อัตโนมัติ

งานวิจัยของ Prabowo & Aisyah., [13] ที่ประยุกต์ใช้หลักการ Poka-Yoke ในอุตสาหกรรมการผลิตช่วยลดข้อผิดพลาดและเพิ่มผลผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับชิ้นส่วนผิดตำแหน่งและระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ ทำให้สามารถลดข้อผิดพลาดได้ถึง 40% และเพิ่มความต่อเนื่องในการผลิต ส่งผลให้ลดของเสียและต้นทุนการตรวจสอบซ้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่าการใช้ Poka-Yoke ตั้งแต่ต้นกระบวนการผลิตช่วยควบคุมคุณภาพและเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมที่ต้องการความแม่นยำสูง

งานวิจัยของ Bubber, D., Babber, G., & Jain, R.K. [14] ที่ประยุกต์ใช้หลักการ Poka-Yoke ในอุตสาหกรรมการผลิตรถแทรกเตอร์ช่วยลดข้อผิดพลาดและเพิ่มความแม่นยำในการประกอบชิ้นส่วน โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งการประกอบและระบบล็อคอัตโนมัติเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดตั้งแต่ต้นกระบวนการ ผลลัพธ์พบว่าสามารถลดข้อผิดพลาดได้ถึง 60% และลดเวลาหยุดสายการผลิต (Downtime) ได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังช่วยลดของเสียจากการผลิตซ้ำและเพิ่มความแม่นยำในการประกอบ

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

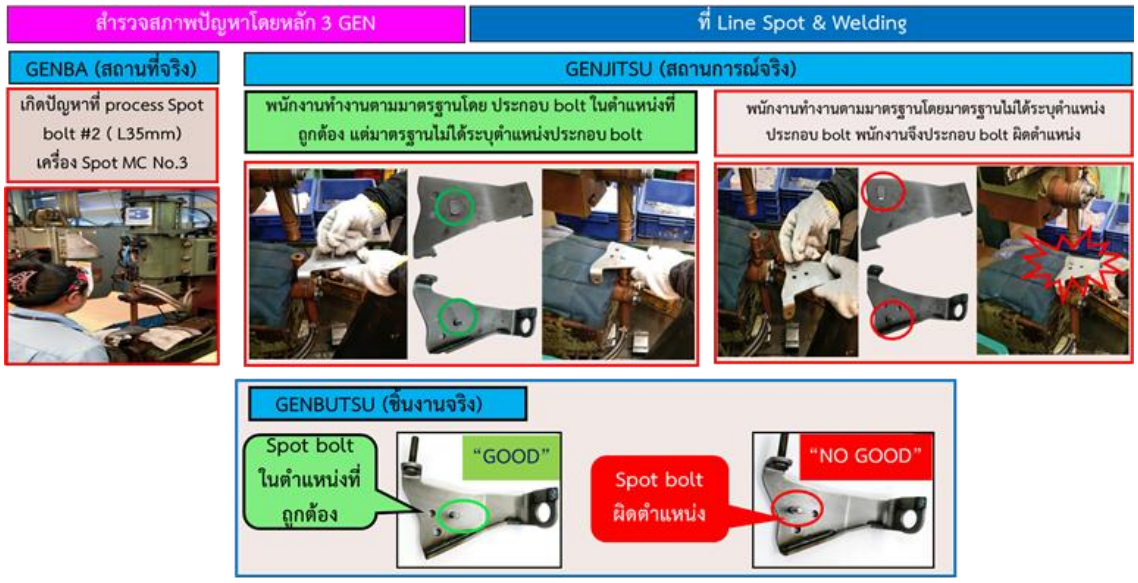
งานวิจัยนี้กล่าวถึงข้อมูลทั่วไปของโรงงานอุตสาหกรรมและรวบรวมข้อมูลสภาพปัจจุบันของสายการผลิตชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ปัญหาของเสียจากกระบวนการผลิตและการหลุดรอดไปถึงลูกค้าเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ดังมีขั้นตอนการดำเนินงานต่อไปนี้ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เชิงระบบโดยอิงจากสถานการณ์จริง เพื่อกำหนดมาตรการที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริงและวัดผลได้ชัดเจน ทั้งในเชิงปริมาณ เช่น การลดของเสีย และเชิงคุณภาพ

3.1 กำหนดเป้าหมายการดำเนินงาน

การกำหนดเป้าหมายในการลดของเสีย (Defect Outflow) ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง เป้าหมายหลักคือการลดข้อผิดพลาดในทุกขั้นตอนของกระบวนการ ตั้งแต่การออกแบบ การประกอบ จนถึงการตรวจสอบขั้นสุดท้าย เพื่อให้สินค้าที่ส่งถึงมือลูกค้าปราศจากข้อบกพร่อง โดยหลังการปรับปรุงต้องบรรลุข้อตกลง Defect Outflow < 10 PPM ซึ่งเป็นมาตรฐานคุณภาพที่เข้มงวดและสะท้อนถึงความมุ่งมั่นในการควบคุมคุณภาพและความพึงพอใจของลูกค้า

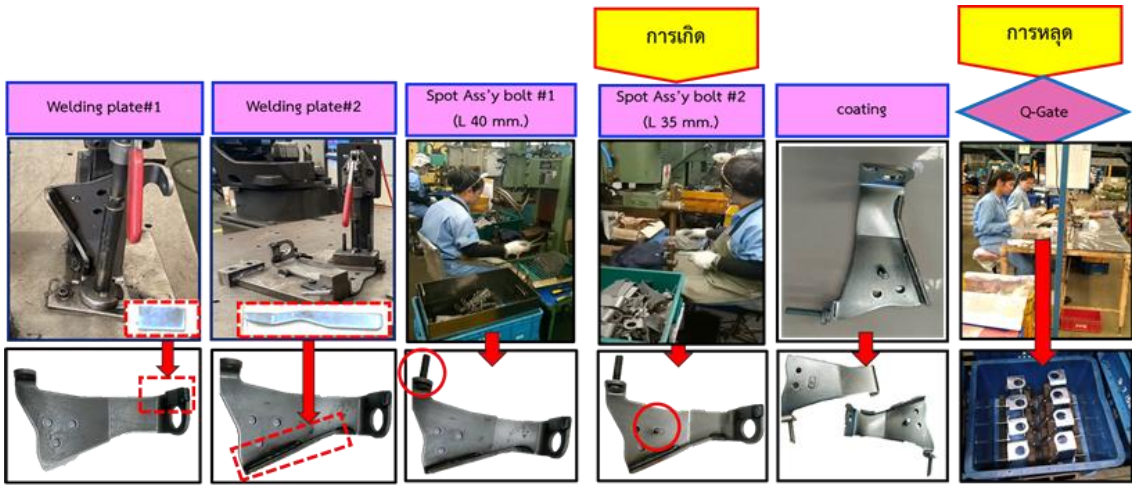
3.2 ศึกษาปัญหาและขั้นตอนการผลิตด้วย 3 จริง

การศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง เริ่มต้นจากการเก็บข้อมูล โดยใช้หลักการ 3 จริง (3 Gen) ผลการเก็บข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเก็บข้อมูลการไหลของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 1 แสดงการเก็บข้อมูลเบื้องต้นด้วยการใช้หลักการ 3 จริง (Gen) ในการลงสำรวจกระบวนการผลิตด้วยสายตา บริเวณสถานที่ทำงานจริง (GENBA) ของกระบวนการผลิตจริง (GENJITSU) และข้อมูลของชิ้นงานที่เกิดปัญหาจริง (GENBUTSU) พบของเสียที่เป็นปัญหาและมีโอกาสหลุดรอดไปถึงลูกค้าได้ คือ การประกอบโบลท์ (Bolt) เข้ากับชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อนำไปเชื่อมจุด (Spot welding) เพื่อยึดชิ้นส่วนทั้ง 2 ชิ้นให้ติดกัน โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Operation) และตรวจสอบคุณภาพ (Inspection) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเก็บข้อมูลการไหลของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง

รูปที่ 2 จากการสังเกตุพบว่ามีปัญหาหลัก 2 ประเด็นที่ก่อให้เกิดของเสียในสายการผลิต ได้แก่ (1) พนักงานประกอบโบลท์ผิดตำแหน่ง (2) พนักงานตรวจสอบไม่สามารถตรวจจับข้อผิดพลาดได้ทันเวลา ดังรายละเอียดต่อไปนี้:

ปัญหาที่ 1: พนักงานประกอบโบลท์ผิดตำแหน่งจาก SOP ไม่ชัดเจน โดยสภาพปัญหา: SOP ที่มีอยู่ไม่ได้ระบุอย่างชัดเจนว่าต้องใส่โบลท์ที่รูใด ทำให้พนักงานใส่ผิดรู ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกันถึง 3 จุดขนาดของปัญหา: พบปัญหานี้ในสายการผลิตจริงจำนวน 12 ชิ้น จากการผลิตรวม 227,057 ชิ้น คิดเป็น 52.85 PPM การพิสูจน์สาเหตุ: ใช้หลัก 3 จริง) ลงพื้นที่สังเกตการทำงาน พบว่าพนักงานทำตาม SOP ที่ไม่สมบูรณ์ เมื่อกำหนดตำแหน่งใน SOP เพิ่มก็ยังเกิดปัญหา แสดงให้เห็นว่า สาเหตุแท้จริงคือการไม่มีอุปกรณ์ช่วยกำหนดตำแหน่งโบลท์ (Root Cause)

ปัญหาที่ 2: พนักงานตรวจสอบไม่สามารถตรวจพบของเสียได้ทันเวลา สภาพปัญหา: แม้พนักงานตรวจตาม SOP แต่ SOP ไม่ได้กำหนดให้ตรวจตำแหน่งโบลท์โดยตรง และใช้การมองด้วยตาซึ่งเสี่ยงต่อความล้าขนาดของปัญหา: ปัญหานี้พบว่า ของเสียทั้ง 12 ชิ้นจากกรณีข้างต้นหลุดออกไปถึงมือลูกค้า เท่ากับว่า ปัญหานี้เกิดทุกครั้งที่เกิดข้อผิดพลาดจากการประกอบผิด ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 ขั้นตอนการเชื่อมประกอบโบลท์ (Bolt) เข้ากับชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 3 ขั้นตอนการเชื่อมประกอบโบลท์ เริ่มจากหยิบชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิงจากนั้นใช้มืออีกข้างหยิบโบลท์สอดเข้ารูแล้วางบนลงเครื่องเชื่อมจุด ใช้เท้าเหยียบกดหัวเชื่อมให้ทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 จุดการประกอบโบลท์เข้ากับชิ้นงาน

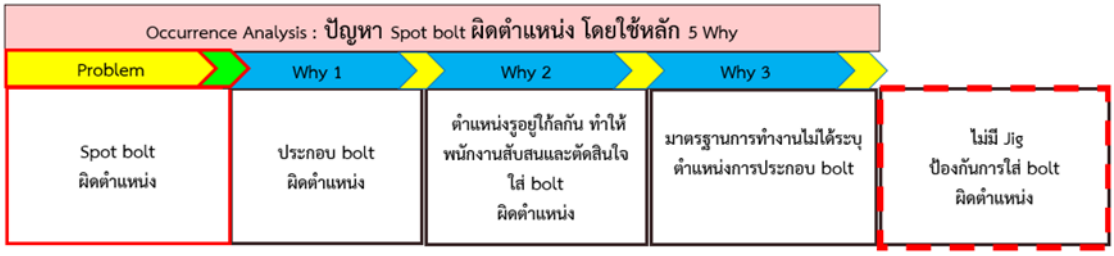
จากรูปที่ 4 แสดงลักษณะการประกอบโบลท์ (Bolt) เข้ากับชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิงผิดตำแหน่งจากการสังเกตุมีโอกาสเป็นไปได้ค่อนข้างสูงที่จะเกิดการในโบลท์ผิดตำแหน่งเนื่องจากรูมีลักษณะคล้ายกันและอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกัน

3.3 วิเคราะห์ปัญหาของเสียและการหลุดรอด

3.3.1 จากปัญหาที่พนักงานใส่โบลท์ผิดตำแหน่งในขั้นตอนการเชื่อมจุดทำให้เกิดของเสียผู้วิจัยใช้หลักการ 3 จริง เพื่อลงไปสังเกตการณ์ทำงานในสถานที่จริง ชิ้นงานที่ผลิตจริงและเก็บข้อมูลตามข้อเท็จจริงที่ปรากฏขณะปฏิบัติงานจริง ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 การสังเกตการณ์ทำงานในสถานที่จริงขั้นตอนการใส่โบลท์เชื่อมจุด

จากรูปที่ 5 ชิ้นส่วนรถยนต์จะมีรูทั้งหมด 3 รู ก่อนการเชื่อมจุดพนักงานต้องร้อยโบลท์ 1 ตัว ใส่ในรูบนด้านขวา แล้วทำการเชื่อมจุด ปัจจุบันพนักงานผู้ปฏิบัติงานทำงานตามขั้นตอนในเอกสารการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedure: SOP) เมื่อมีการตรวจสอบปรากฏว่าพบของเสียในกระบวนการผลิต จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม ทำไม ทำไม (Why-Why Analysis) ดังแสดงในรูปที่ 6



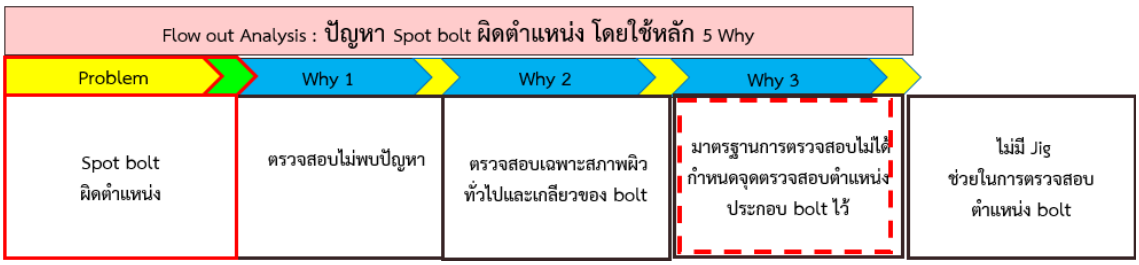
รูปที่ 6 การวิเคราะห์ปัญหาการเกิดของเสียจากการใส่โบลท์ (Bolt) ผิดตำแหน่ง

จากรูปที่ 6 การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดปัญหาจากการร้อยโบลท์ใส่ชิ้นงานเพื่อเชื่อมจุดของพนักงานพบว่า พนักงานปฏิบัติงานตามขั้นตอนในเอกสารการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedure: SOP) ได้อย่างถูกต้อง แต่รายละเอียดของมาตรฐานไม่ได้ระบุตำแหน่งการประกอบโบลท์ไว้ว่าใส่ในตำแหน่งได้ เนื่องจากมีรูที่สามารถร้อยโบลท์ได้ 3 รู และเมื่อลองมีการกำหนดตำแหน่งรู ก็ยังคงเกิดของเสียขึ้นในกระบวนการซ้ำอีก เนื่องจากมีการปฏิบัติงานซ้ำกันเป็นเวลานาน ๆ สาเหตุเนื่องจากการไม่มีอุปกรณ์ช่วยป้องกันความผิดพลาดในการทำงานให้กับพนักงาน

3.3.2 การวิเคราะห์สาเหตุการหลุดรอดการตรวจสอบจากปัญหาพนักงานของเสียในกระบวนการผลิตหลุดรอดการตรวจสอบคุณภาพไปถึงมือลูกค้าทำให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงเนื่องจากสายการประกอบไม่สามารถประกอบชิ้นส่วนได้ ทำให้สายการผลิตเกิดการหยุดชะงัก ที่สำคัญ คือการขาดความไว้วางใจจากลูกค้าซึ่งส่งผลต่อออเดอร์ระยาวที่ลูกค้าจะสั่ง ผู้วิจัยใช้หลักการ 3 จริง เพื่อลงไปสังเกตุการณ์ทำงานในสถานที่จริง ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7 ตรวจสอบโบลท์ก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 7 กระบวนการตรวจสอบตำแหน่งโบลท์ (Bolt) ก่อนส่งงานให้กับลูกค้า ปัจจุบันพนักงานผู้ปฏิบัติงานทำงานตามขั้นตอนในเอกสารการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedure: SOP) แต่ยังมีงานเสียหลุดรอดไปถึงลูกค้า จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม ทำไม ทำไม (Why-Why Analysis) ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 การวิเคราะห์ปัญหาการหลุดรอดของงานเสียไปถึงลูกค้า

จากรูปที่ 8 การวิเคราะห์สาเหตุของงานเสียหลุดไปถึงลูกค้า พบว่า พนักงานปฏิบัติงานตามขั้นตอนในเอกสารการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedure: SOP) ได้อย่างถูกต้อง แต่รายละเอียดของมาตรฐานไม่ได้

ระบุตำแหน่งการตรวจให้กับพนักงาน เมื่อลองมีการกำหนดตำแหน่งในการตรวจสอบยังเกิดความผิดพลาดเกิดขึ้นเนื่องจากมีการปฏิบัติงานซ้ำกันเป็นเวลานาน ๆ สาเหตุเนื่องจากการไม่มีอุปกรณ์ช่วยป้องกันความผิดพลาดในการทำงานให้กับพนักงาน

3.4 การวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไข

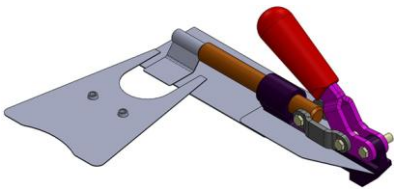
เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดวิธีการแห้ไข ผู้วิจัยเลือกใช้เทคนิคการตั้งคำถามด้วยเทคนิค 5W1H วิเคราะห์ซ้ำอีกครั้งเพื่อการกำหนดแนวทางการแก้ไข ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.4.1 การวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาการเกิดของเสียวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการประกอบโบลท์เพื่อเชื่อมจุดผิดตำแหน่ง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาการประกอบโบลท์กับแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง

5W1H	คำถาม-คำตอบ	แนวทางการแก้ไข
What (ต้องการทำอะไร)	ปรับปรุงขั้นตอนการประกอบโบลท์ (Bolt)	ออกแบบและจัดสร้างปุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดเพื่อป้องกันความพลั้งเผลอของพนักงาน (Poka-yoke) ในขั้นตอนที่ 4 การประกอบโบลท์ (Bolt) เข้ากับชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง
Why (ทำไมต้องทำ)	พนักงานประกอบผิดทำให้เกิดของเสีย	
Where (ทำที่ไหน)	บริษัท โปรเกรส พาร์ท แอนด์ ได จำกัด	
Why (ทำไมต้องทำที่นั่น)	สายการผลิตอยู่ที่นั้น	
Who (ใครเป็นคนทำ)	วิศวกรฝ่ายผลิต, พนักงานควบคุมเครื่อง	
Why (ทำไมต้องเป็นคนนั้น)	เป็นผู้รับผิดชอบกระบวนการผลิต	
When (ทำเมื่อไร)	เมื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขร่วมกันเสร็จ	
Why (ทำไมต้องทำตอนนั้น)	เพื่อให้พนักงานมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหา	
How (ทำอย่างไร)	เพิ่มอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดช่วยในการทำงาน	
Why (ทำไมต้องทำอย่างนั้น)	เพื่อป้องกันความพลั้งเผลอของพนักงาน	

จากตารางที่ 1 สรุปการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหากระบวนการประกอบโบลท์เพื่อเชื่อมจุดผิดตำแหน่ง ผู้วิจัยแนะนำให้ทำการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดในการทำงานของพนักงาน ขั้นตอนการประกอบโบลท์ เข้ากับชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แบบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดในการทำงาน

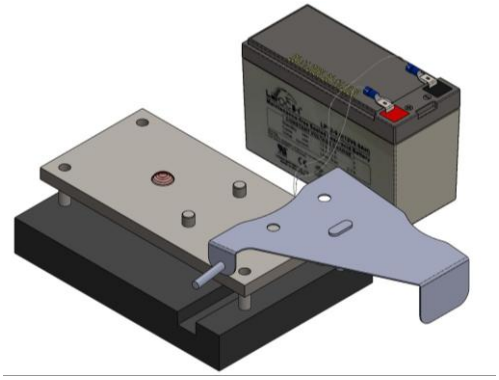
จากรูปที่ 9 แสดงการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดในการทำงานของพนักงาน (Poka-yoke) ในขั้นตอนการใส่โบลท์เข้ากับชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง จากนั้นผู้วิจัยนำเสนอต่อผู้จัดการโรงงานเพื่อขออนุมัติจัดสร้างอุปกรณ์ต้นแบบเนื่องจากต้องมีการอนุมัติค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ในการจัดสร้างอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อนำไปทำการทดลองใช้ในการปฏิบัติงาน

3.4.2 การวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาของเสียที่หลุดไปถึงลูกค้า เป็นการวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหากระบวนการตรวจสอบจุดเชื่อมของชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง ที่มีของเสียหลุดไปถึงลูกค้า ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาการตรวจสอบคุณภาพการเชื่อมจุด

5W1H	คำถาม-คำตอบ	แนวทางการแก้ไข
What (ต้องการทำอะไร)	ปรับปรุงขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ	ออกแบบและจัดสร้างปุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดเพื่อป้องกันความพลั้งเผลอของพนักงาน (Poka-yoke) ในขั้นตอนที่ 6 การตรวจสอบตำแหน่งของโบลท์ (Bolt) บนชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง
Why (ทำไมต้องทำ)	มีของเสียหลุดรอดไปถึงลูกค้า	
Where (ทำที่ไหน)	บริษัท โปรเกรส พาร์ท แอนด์ ได จำกัด	
Why (ทำไมต้องทำที่นั่น)	สายการผลิตอยู่ที่นั้น	
Who (ใครเป็นคนทำ)	วิศวกรและพนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ	
Why (ทำไมต้องเป็นคนนั้น)	เป็นผู้รับผิดการตรวจสอบคุณภาพ	
When (ทำเมื่อไร)	เมื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขร่วมกันเสร็จ	
Why (ทำไมต้องทำตอนนั้น)	เพื่อให้พนักงานมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหา	
How (ทำอย่างไร)	เพิ่มอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดช่วยในการทำงาน	
Why (ทำไมต้องทำอย่างนั้น)	เพื่อป้องกันความพลั้งเผลอของพนักงาน	

จากตารางที่ 2 สรุปผลเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H การกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาของเสียหลุดการตรวจไปถึงลูกค้า ผู้วิจัยแนะนำให้ทำการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดในการตรวจสอบงานคุณภาพ (Poka-yoke) การใส่โบลท์เชื่อมจุด ของพนักงานตรวจสอบคุณภาพ ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แบบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดในการตรวจสอบ

จากรูปที่ 10 แสดงการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดในการตรวจสอบของพนักงาน (Poka-yoke) ในขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนส่งงานให้กับลูกค้า จากนั้นนำเสนอผู้จัดการโรงงานเพื่อขออนุมัติจัดสร้างอุปกรณ์ต้นแบบและนำไปทำการทดลองใช้ในการปฏิบัติงาน

3.5 ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

จากการสรุปผลการกำหนดแนวทางการแก้ไข ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.5.1 จัดสร้างอุปกรณ์ช่วยป้องกันความผิดพลาดต้นแบบ

จากข้อมูลการวิเคราะห์และกำหนดแนวทางการแก้ไข ผู้วิจัยขอเปิดประชุมเพื่อระดมสมอง (Brainstorming) ทำความเข้าใจในขั้นตอนการแก้ไขและเพื่อกระจายข้อมูลด้านปัญหาคุณภาพให้ทุกฝ่ายรับทราบแนวทางในการแก้ไขให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 11

รูปที่ 11 การประชุมทำความเข้าใจในขั้นตอนการแก้ไข

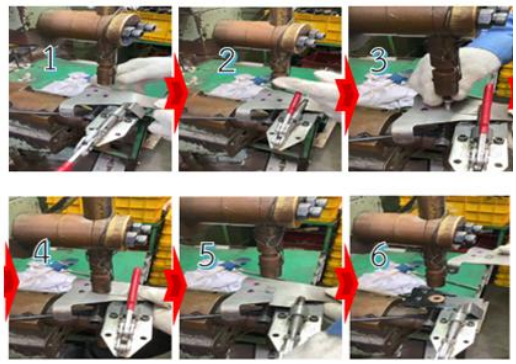
จากรูปที่ 11 หลังจากทำความเข้าใจในวิธีการแก้ไข ผู้วิจัยทำการจัดสร้างอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดต้นแบบในขั้นตอนการใส่โบลท์ (Bolt) เพื่อทำการเชื่อมจุด (Spot welding) จากนั้นนำไปติดตั้งและทดลองใช้ในการผลิต สามารถเปรียบเทียบลักษณะการทำงาน ก่อนและหลังการปรับปรุงได้ ดังแสดงในรูปที่ 12

ก่อนการปรับปรุง

หลังการปรับปรุง

รูปที่ 12 เปรียบเทียบลักษณะการใส่โบลท์เชื่อมจุด ก่อนและหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 12 หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดขั้นตอนการใส่โบลท์เชื่อมจุดเสร็จ ผู้วิจัยทำการทดสอบใช้ในการผลิต โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 ขั้นตอนการใส่โบลท์เชื่อมจุดของชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 13 แสดงขั้นตอนการใส่โบลท์เชื่อมจุดของชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งมีขั้นตอนทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังอธิบายได้ดังนี้

1) พนักงานหยิบชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิงวางบนลงอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด ในทิศทางที่กำหนด

2) ล็อคชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิงวางกับอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสำคัญหากพนักงานวางชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิงผิดทางจะไม่สามารถล็อคชิ้นงานได้ต้องทำการวางใหม่ซึ่งขั้นตอนนี้จะเป็นตัวกำหนดควาแม่นยำในการทำงานและป้องกันของเสีย

3) พนักงานหยิบโบลท์ใส่รูในตำแหน่งที่ตรงกับหัวเชื่อมจุด (Spot welding)

4) ใช้เท้าเหยียบให้หัวเชื่อมด้านบนกับด้านล่างชนกันเพื่อให้เกิดการเชื่อมแบบต้านทาน (Spot welding)

5) คลายล็อคชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิงวางออกจากอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด

6) หยิบชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิงออกจากอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด

3.5.2 จัดสร้างอุปกรณ์ช่วยตรวจสอบคุณภาพต้นแบบ

จากข้อมูลการวิเคราะห์และกำหนดแนวทางการแก้ไขจากปัญหามีของเสียหลุดการตรวจสอบไปถึงลูกค้า ผู้วิจัยแนะนำให้ทำการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดในการตรวจสอบงาน (Poka-yoke) ของพนักงานตรวจสอบคุณภาพและจัดสร้างเป็นอุปกรณ์ต้นแบบจากนั้นนำไปติดตั้งและทดลองใช้ในการตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง สามารถเปรียบเทียบลักษณะการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุงได้ ดังแสดงในรูปที่ 14

รูปที่ 14 เปรียบเทียบอุปกรณ์ตรวจสอบ ก่อน-หลังปรับปรุง

จากรูปที่ 14 ก่อนการปรับปรุงการตรวจสอบเป็นไปตามเอกสารการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedure: SOP) แต่มาตรฐานไม่ได้กำหนดให้ตรวจสอบตำแหน่งการเชื่อมโบลท์ (bolt) ไว้จึงทำให้ตรวจสอบไม่พบปัญหา หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดจากการตรวจสอบแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิงพนักงานสามารถตรวจสอบตามมาตรฐานการตรวจสอบและได้มีกำหนดหัวข้อการตรวจสอบตำแหน่งการประกอบโบลท์ ไว้ชัดเจน อีกทั้งอุปกรณ์ตรวจสอบเป็นการทำงานด้วยระบบเซ็นเซอร์กึ่งอัตโนมัติ (Semi-Automatic Positioning Sensor) ทำให้การตรวจสอบมีความแม่นยำ 100% โดยมีขั้นตอนการตรวจสอบ ดังแสดงในรูปที่ 15

รูปที่ 15 ขั้นตอนการตรวจสอบโบลท์เชื่อมจุดของชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 15 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพโบลท์เชื่อมจุดของชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งมีขั้นตอนทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังอธิบายได้ดังนี้

1) พนักงานเปิดสวิตช์ (Switch) อุปกรณ์ทดสอบชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง

2) หยิบชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิงวางบนอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด

3) รอเซ็นเซอร์ตรวจจับจะมีสัญญานไฟปรากฏ แสดงว่าชิ้นงานผ่านการตรวจสอบ หลากไม่มีสัญญานไฟ ถือว่าไม่ผ่านการตรวจสอบ

4) หยิบชิ้นงานออกจากอุปกรณ์ปร้องกันความผิดพลาดวางใส่ภาชนะรองรับ

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนการเชื่อมจุดและการตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งพบว่าปัญหาการประกอบโบลท์ผิดตำแหน่งส่งผลให้เกิดของเสียหลุดรอดไปถึงมือลูกค้าด้วยการออกแบบและจัดสร้างอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดในการทำงานของพนักงานและอุปกรณ์ตรวจสอบ ผลการดำเนินงานสรุปได้ดังนี้

4.1 ผลการปรับปรุงของเสียจากการใส่โบลท์เชื่อมจุด หลังจากผู้วิจัยนำไปให้พนักงานทดสอบผลิตจริงและเก็บข้อมูลของเสียในกระบวนการ 60 ชิ้น ตรวจสอบคุณภาพ 100% ผลการทดสอบและเก็บข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การทดสอบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด

ชิ้น	ผล		ชิ้น	ผล		ชิ้น	ผล	
	OK	NG		OK	NG		OK	NG
1	OK		21	OK		41	OK	
2	OK		22	OK		42	OK	
3	OK		23	OK		43	OK	
4	OK		24	OK		44	OK	
5	OK		25	OK		45	OK	
6	OK		26	OK		46	OK	
7	OK		27	OK		47	OK	
8	OK		28	OK		48	OK	
9	OK		29	OK		49	OK	
10	OK		30	OK		50	OK	
11	OK		31	OK		51	OK	
12	OK		32	OK		52	OK	
13	OK		33	OK		53	OK	
14	OK		34	OK		54	OK	
15	OK		35	OK		55	OK	
16	OK		36	OK		56	OK	
17	OK		37	OK		57	OK	
18	OK		38	OK		58	OK	
19	OK		39	OK		59	OK	
20	OK		40	OK		60	OK	

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบการใส่โบลท์เชื่อมจุดของชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยการใช้อุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดในการทำงานของพนักงาน จำนวน 60 ชิ้น ไม่ปรากฏของเสียในกระบวนการ ผู้วิจัยร่วมกับพนักงานและวิศวกรผู้รับผิดชอบ จัดทำเอกสารการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedure: SOP) ใหม่ให้กับพนักงาน โดยมีการเพิ่มหัวข้อระบุตำแหน่งการเชื่อมจุดโบลท์ (Spot bolt)

4.2 ผลการปรับปรุงของเสียที่หลุดไปถึงลูกค้าจากการตรวจสอบคุณภาพ หลังจากผู้วิจัยนำไปให้พนักงานทดสอบผลิตจริงและเก็บข้อมูลของเสียในกระบวนการ 60 ชิ้น ตรวจสอบคุณภาพ 100% ผลการทดสอบและเก็บข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การทดสอบอุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพ

ชิ้น	ผล		ชิ้น	ผล		ชิ้น	ผล	
	OK	NG		OK	NG		OK	NG
1	OK		21	OK		41	OK	
2	OK		22	OK		42	OK	
3	OK		23	OK		43	OK	
4	OK		24	OK		44	OK	
5	OK		25	OK		45	OK	
6	OK		26	OK		46	OK	
7	OK		27	OK		47	OK	
8	OK		28	OK		48	OK	
9	OK		29	OK		49	OK	
10	OK		30	OK		50	OK	
11	OK		31	OK		51	OK	
12	OK		32	OK		52	OK	
13	OK		33	OK		53	OK	
14	OK		34	OK		54	OK	
15	OK		35	OK		55	OK	
16	OK		36	OK		56	OK	
17	OK		37	OK		57	OK	
18	OK		38	OK		58	OK	
19	OK		39	OK		59	OK	
20	OK		40	OK		60	OK	

จากตารางที่ 4 ผลการตรวจสอบชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิงหลังการใส่โบลท์เชื่อมจุดด้วยการใช้อุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดในการทำงาน จำนวน 60 ชิ้น ไม่ปรากฏของเสียในกระบวนการ ผู้วิจัยร่วมกับพนักงาน และวิศวกรผู้รับผิดชอบ จัดทำเอกสารการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedure: SOP) ให้กับพนักงาน โดยมีการเพิ่มหัวข้อระบุตำแหน่งการตรวจสอบจุดเชื่อมโบลท์ ซึ่งคล้ายงานวิจัยของ (Lazarevic,M.,Mandic,J.,& Sremcev,N.) ประยุกต์ใช้แนวคิด Poka-Yoke ในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เพื่อลดข้อผิดพลาดในการผลิตผ่านการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาดอัตโนมัติ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งชิ้นส่วนและระบบเตือนข้อผิดพลาด ทำให้สามารถลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ลงได้ถึง 60% ผลลัพธ์ที่ได้คือการลดของเสีย (Defect) อย่างมีนัยสำคัญ พร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยลดเวลาที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาและทำให้การผลิตต่อเนื่องมากขึ้น ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีความแม่นยำและคุณภาพสูงขึ้นตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาและวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนแผ่นรองรับท่อน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเน้นการลดปริมาณของเสียและป้องกันไม่ให้ชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องหลุดรอดไปถึงลูกค้า ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้ได้ใช้หลักการ 3 Gen (GENBA, GENJITSU, GENBUTSU) ในการวิเคราะห์สาเหตุของข้อผิดพลาด พร้อมทั้งใช้เทคนิคการตั้งคำถาม Why-Why Analysis และ 5W1H เพื่อระบุแนว

ทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ผลการวิจัยพบว่าสาเหตุหลักของข้อผิดพลาดเกิดจากการขาดอุปกรณ์ช่วยป้องกันความผิดพลาด (Poka-yoke) ในขั้นตอนการประกอบและตรวจสอบตำแหน่งโบลท์ (Bolt) ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการประกอบผิดตำแหน่งและการตรวจสอบไม่พบของเสียอย่างครบถ้วน เพื่อแก้ไขปัญหานี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ Poka-yoke สำหรับควบคุมตำแหน่งโบลท์ในขั้นตอนการเชื่อมจุด (Spot Welding) และใช้เซ็นเซอร์กึ่งอัตโนมัติ (Semi-Automatic Positioning Sensor) ในการตรวจสอบตำแหน่งโบลท์ในขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งส่งผลให้สามารถลดข้อผิดพลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำการเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง ได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1.1 ปริมาณของเสีย

ก่อนการปรับปรุง: พบข้อผิดพลาดในการประกอบโบลท์ผิดตำแหน่งจำนวน 12 ชิ้น จากการผลิต 227,057 ชิ้น คิดเป็น 52.85 PPM (Parts Per Million) เกินมาตรฐาน Defect outflow ที่ตกลงไว้กับลูกค้า (10 PPM)

หลังการปรับปรุง: หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ Poka-yoke และเซ็นเซอร์กึ่งอัตโนมัติ พบว่าจากการตรวจสอบชิ้นงานจำนวน 100 ชิ้น ไม่มีข้อผิดพลาดใด ๆ เกิดขึ้นคิดเป็น 0 PPM ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้อย่างมาก

5.1.2 ประสิทธิภาพการตรวจสอบคุณภาพ

ก่อนการปรับปรุง: พนักงานตรวจสอบด้วยสายตาซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องความแม่นยำและความล้าของพนักงานการตรวจสอบไม่สามารถครอบคลุมตำแหน่งโบลท์ได้อย่างสมบูรณ์

สรุปได้ว่างานวิจัยมีความโดดเด่นในด้านการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด Poka-Yoke ที่สามารถเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับข้อผิดพลาดจาก 85% เป็น 100% และลดของเสียเป็น 0 PPM ขณะที่งานวิจัยอื่น เช่น ของ Lazarevic et al. และ Purba et al. แม้จะใช้เซ็นเซอร์และระบบแจ้งเตือนเช่นกัน แต่ผลการลดข้อผิดพลาดอยู่ที่ประมาณ 40–60% เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าแนวทางของงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าในด้านความแม่นยำและผลลัพธ์ที่ชัดเจน นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOP) และฝึกอบรมพนักงานควบคู่ไปกับการใช้เทคโนโลยี ซึ่งต่างจากงานอื่นที่มุ่งเน้นเพียงการพัฒนาอุปกรณ์เพียงอย่างเดียว โดยรวมถือว่างานวิจัยของผู้เขียนให้ผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรมและครอบคลุมมากกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยนี้

5.2.1 ควรพิจารณาการนำระบบตรวจสอบอัตโนมัติเต็มรูปแบบมาใช้เพิ่มเติมในกระบวนการผลิต เพื่อลดการพึ่งพาการตรวจสอบโดยมนุษย์ (Manual Inspection) ซึ่งอาจมีข้อจำกัดด้านความสม่ำเสมอและความเหนื่อยล้าจากการทำงานในระยะเวลานาน ระบบตรวจสอบอัตโนมัติสามารถช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจสอบและลดโอกาสเกิดความผิดพลาดได้มากขึ้น

5.2.2 ควรมีการจัดฝึกอบรมและอบรมซ้ำ (Training and Retraining) ให้แก่พนักงานอย่างสม่ำเสมอเกี่ยวกับวิธีการใช้งานอุปกรณ์ Poka-yoke และเซ็นเซอร์กึ่งอัตโนมัติ เพื่อให้พนักงานมีความเข้าใจในกระบวนการผลิตอย่างถ่องแท้และสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง รวมถึงการสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของคุณภาพสินค้าในการรักษาความสัมพันธ์กับลูกค้า

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

5.3.1 ควรศึกษาแนวทางการนำระบบตรวจสอบอัตโนมัติเต็มรูปแบบ (Fully Automated Inspection System) มาทดลองใช้ควบคู่กับ Poka-yoke และเซ็นเซอร์กึ่งอัตโนมัติที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจจับข้อผิดพลาดในกระบวนการผลิตแบบ 100% และศึกษาว่าอุปกรณ์ชนิดใดเหมาะสมที่สุดสำหรับสายการผลิตเฉพาะด้าน เช่น การใช้ Vision Inspection System ที่สามารถตรวจสอบตำแหน่งการประกอบด้วยกล้องความละเอียดสูง

5.3.2 ควรมีการศึกษาการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลข้อผิดพลาดในกระบวนการผลิต โดย AI สามารถใช้วิเคราะห์แนวโน้มการเกิดของเสียและช่วยแจ้งเตือนเมื่อพบความผิดปกติในการผลิตได้อย่างแม่นยำ ทำให้สามารถลดข้อผิดพลาดก่อนที่จะเกิดขึ้นจริงได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ และสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ที่ได้ให้โอกาสและสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยภายใต้โครงการวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ (FRMU) ประจำปีงบประมาณ 2567 ในครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นางสาวสุทธิดา การะเวก นางสาวศรินยา ประทีปชนะชัย และนายธนธัช มั่นมงคล ซึ่งเป็นผู้ร่วมวิจัย ที่ได้ให้ความร่วมมือและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดการดำเนินโครงการวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณประธานกรรมการผู้จัดการและพนักงาน บริษัท โปรเกรส พาร์ท แอนด์ ได จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย รวมถึงบุคลากรของบริษัทที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญในการวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] L. Roca-Ramos, P. Vargas-Zamalloa, E. Carvallo-Munar, R. Salas-Castro, and L. Cardenas-Rengifo, " Poka-Yoke model for controlling unit entering and fall reduction in the transportation of toilets," in *Proc. 11th Int. Conf. Intelligent Human Computer Interaction (IHCI 2019),* N. Jain, N. Tiwari, and A. Joshi, Eds. Lecture Notes in Computer Science, *Allahabad, India*, December.12-14, 2019, pp. 423–431.

[2] J. Prokopenko, *Productivity Management: A Practical Handbook*. Geneva: International Labour Office, 1987.

[3] R. Berndt, "Decision Diagrams for the Verification of Consistency in Automotive Product Data," Ph.D.dissertation,Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Universitätsbibliothek Erlangen-Nürnberg, 2016.

[4] M. Imai, *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. New York: McGraw-Hill Education, 1986.

[5] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Simon & Schuster, 1996.

[6] D. Maryadi, A. Azrin, and S. Suhendra, "Improving manufacturing productivity using lean management techniques: A case study approach," *J. Ind. Eng. Manag.,* vol. 17, no. 2, pp. 123-134, 2024.

[7] J. K. Liker, *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill Education, 2004.

[8] A. Apriani, " Production Efficiency Improvement in Furniture Industry Using 5W1H Technique," Master's thesis, Universitas Mercu Buana, Jakarta, 2024.

[9] K. Yamamoto, M. Milstead, and R. Lloyd, " A review of the development of lean manufacturing and related lean practices: The case of Toyota production system and managerial thinking," *Int. Manag. Rev*., vol. 15, no. 2, pp. 21–40, Jan.2019.

[10] H. Kelendar, " Lean thinking from Toyota manufacturing to the healthcare sector," *Res. Med. Eng. Sci.*, vol. 8, no. 5, pp. 913–926, Apr.2020.

[11] M. Lazarevic, J. Mandic, and N. Sremcev, " A systematic literature review of Poka-Yoke and novel approach to theoretical aspects," *Stroj. vestn. – J. Mech. Eng.*, vol. 65, no. 7-8, pp. 454–467, July.2019.

[12] H. H. Purba, F. A. Tosa, and Y. Santoso, " Using Poka-Yoke method for detection defect product in assembly component automotive," *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 12, no. 3, pp. 456–467, 2019.

[13] R. F. Prabowo and S. Aisyah, " Poka-Yoke method implementation in industries: A systematic literature review," *Indones*. J. Ind. Eng. *Manag*., vol. 1, no. 1, pp. 12–24, Feb.2020.

[14] D. Bubber, G. Babber, and R. K. Jain, " Implementing lean tool: Poka-Yoke in tractor component manufacturing industry," *Int. J. Sci. Tech. Dev.,* vol. 8, no. 2, pp. 46–55, Dec.2022.

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโรตารี่พรวนดินด้วยการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน กรณีศึกษา บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด

Enhancing Rotary Tiller Production Efficiency Through the Application of Lean Manufacturing A Case Study of Sirivatana Lohakij Co., Ltd.

ดนัย สอนสุภาพ[1] ศรินยา ประทีปชนะชัย[2] นรินทร์ กุลนภาดล[3] สุวิทย์ ธรรมแสง[4] และ ยุทธณรงค์ จงจันทร์[5*]
Danai Sornsuphap[1], Sarinya Prateepchanachai[2], Narin Kulnapadol[3], Suwit Thammasang[4] and Yuthanarong Jongjun[5*]

[1, 4]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตขอนแก่น
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลยานยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
[5]สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และกระบวนการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
[1, 4]Department of Industrial Technical Education Faculty of Technical Education Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen Campus
[2]Department of Industrial Management Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanajarindra University
[3]Department of Automotive Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanajarindra University
[5]Department of Logistics and Process Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanajarindra University Chachoengsao Province
*Email: yuthanarong@techno.rru.ac.th
Received: December 21, 2024; Revised: April 1, 2025; Accepted: April 25, 2025

บทคัดย่อ

บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนและประกอบเครื่องจักรกลเพื่อการเกษตรในจังหวัดอุดรธานี ปัจจุบันได้รับใบสั่งผลิตโรตารี่พรวนดินจำนวน 2,100 เครื่องต่อปี แต่สามารถผลิตได้เพียง 1,500 เครื่องต่อปี ทำให้ต้องมีการทำงานล่วงเวลา ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยประยุกต์ใช้ระบบลีนเพื่อลดความสูญเปล่า จากการเก็บข้อมูลพบว่าสายการประกอบโรตารี่เกิดความไม่สมดุล โดยสถานีประกอบ 1 และ 2 มีรอบเวลาสูงกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้า ผู้วิจัยจึงใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่า และแผนภาพก้างปลา ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม "ทำไม ทำไม" เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา จากนั้นออกแบบอุปกรณ์โต๊ะประกอบเฉพาะสำหรับสถานีประกอบ 1 และอุปกรณ์ป้องกันการหดตัวของชิ้นงานในขั้นตอนเชื่อมของสถานีประกอบ 2 ผลการปรับปรุงพบว่าสามารถลดรอบเวลามาตรฐานของทั้งสองสถานีงานให้ต่ำกว่าค่าจังหวะความต้องการของลูกค้า ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 70.42% เป็น 100% การผลิตต่อวันเพิ่มขึ้นจาก 5 เครื่องเป็น 7 เครื่อง หรือคิดเป็น 28.57% นอกจากนี้ยังสามารถสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงานให้พนักงาน ลดความสูญเปล่า และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับคู่แข่งที่ผลิตสินค้าประเภทเดียวกัน (300)

คำสำคัญ : ระบบการผลิตแบบลีน, แผนผังสายธารแห่งคุณค่า, การเพิ่มประสิทธิภาพ, การออกแบบอุปกรณ์

Abstract

Siri Wattana Lohakit Co., Ltd., a manufacturer of agricultural machinery parts and assemblies in Udon Thani, currently receives orders for 2,100 rotary tillers per year but can only produce 1,500 units annually. This shortfall necessitates overtime work, increasing production costs. This research aims to

improve the production process by applying lean manufacturing principles to reduce waste. Data collection revealed an imbalance in the rotary tiller assembly line, where Workstation 1 and Workstation 2 had cycle times exceeding customer demand rates. To address this, value stream mapping (VSM) and fishbone diagrams were used, along with the "5 Whys" technique, to identify root causes of inefficiencies. Based on the findings, a specialized assembly table was designed for Workstation 1, and a fixture to prevent part shrinkage during welding was developed for Workstation 2. After implementation, the standard cycle times for both workstations were reduced below the takt time, increasing production efficiency from 70.42% to 100%. Daily production output increased from 5 to 7 units, a 28.57% improvement. Additionally, the improvements established standardized work procedures, minimized waste, and enhanced the company's competitiveness in the agricultural machinery market.

Keywords: Lean Production System, Value Stream Mapping, Efficiency Improvement, Equipment Design

1. บทนำ

เครื่องจักรกลเพื่อการเกษตรมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูก ลดต้นทุนแรงงาน และปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเตรียมดินให้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การใช้เครื่องจักรช่วยลดเวลาและแรงงานที่ใช้ในการเพาะปลูก ส่งผลให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ความต้องการเครื่องจักรกลเพื่อการเกษตรจึงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก เนื่องจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกและความจำเป็นในการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ ผู้ผลิตจึงต้องเร่งปรับปรุงกระบวนการผลิตให้สามารถรองรับความต้องการของตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลเกษตรได้นำ เทคโนโลยีอัตโนมัติ และ หลักการผลิตแบบลีน มาประยุกต์ใช้เพื่อลดต้นทุน ลดของเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต เทคโนโลยีอัตโนมัติ เช่น หุ่นยนต์ในสายการผลิต ระบบเซนเซอร์อัจฉริยะ และการควบคุมคุณภาพแบบเรียลไทม์ ช่วยเพิ่มความแม่นยำและลดข้อผิดพลาดในการผลิต ขณะที่หลักการผลิตแบบลีน ช่วยลดความสูญเปล่าในทุกกระบวนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร และลดต้นทุนโดยรวม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ธุรกิจสามารถแข่งขันในตลาดได้อย่างยั่งยืน บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด เป็นผู้ผลิตเครื่องจักรกลเพื่อการเกษตรในจังหวัดอุดรธานี โดยเฉพาะการผลิต โรตารี่พรวนดิน ซึ่งได้รับคำสั่งผลิตจากลูกค้าสูงถึง 7 เครื่องต่อวัน แต่ปัจจุบันบริษัทสามารถผลิตได้เพียง 5 เครื่องต่อวัน ทำให้กำลังการผลิตไม่เพียงพอ บริษัทต้องเปิดการทำงานล่วงเวลา (Overtime) เพื่อชดเชยกำลังการผลิต ส่งผลให้ต้นทุนต่อหน่วยสูงขึ้นและประสิทธิภาพการผลิตลดลง เพื่อแก้ปัญหานี้ ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจในการพัฒนา กระบวนการผลิตเชิงระบบ โดยมุ่งเน้นการลดความสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต ให้บริษัทสามารถดำเนินธุรกิจได้อย่างยั่งยืนในเชิงเศรษฐกิจ และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่นในตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตเครื่องจักรกลทางการเกษตร ในสายการประกอบโรตารี่พรวนดินด้วยการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน

2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประสิทธิภาพการผลิต

ประสิทธิภาพการผลิต (Productivity Efficiency) [1] เป็นแนวคิดที่ใช้วัดความสามารถของระบบในการเปลี่ยนปัจจัยการผลิต (Input) เช่น ทรัพยากร วัตถุดิบ และแรงงาน ให้กลายเป็นผลผลิต (Output) อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีเป้าหมายในการเพิ่มคุณค่า ลดความสูญเสีย และยกระดับความสามารถในการแข่งขันในอุตสาหกรรม แนวคิดนี้สอดคล้องกับระบบการผลิตที่มีการจัดการอย่างเป็นระบบ เช่น Lean Manufacturing และ Six Sigma ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการกำจัดความสูญเสียในทุกขั้นตอนของกระบวนการ สามารถการวัดประสิทธิภาพการผลิตสามารถแสดงเป็นสมการ 1

$$\text{ประสิทธิภาพการผลิต} = \frac{\text{ผลผลิต (Output)}}{\text{ปัจจัยการผลิต (Input)}} \quad (1)$$

ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ Song Yang [2] ที่ปรับปรุงประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการทำงานร่วมกันระหว่างคนและเครื่องจักร ด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบลีน เพื่อลดความสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพใน

กระบวนการผลิตโดยเน้นการออกแบบกระบวนการที่เป็นมาตรฐาน สภาพแวดล้อมในการทำงานที่เหมาะสม ผลการปรับปรุงสามารถช่วยให้กระบวนการผลิตมีความรวดเร็วและมีคุณภาพมากขึ้น สร้างความยั่งยืนในระบบการผลิตและเพิ่มความพึงพอใจให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน

2.2 ระบบการผลิตแบบลีน

ระบบการผลิตแบบลีนเป็นแนวคิดการบริหารการผลิตที่มุ่งเน้นการลดความสูญเปล่า (Waste) ในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าและบริการ โดยตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าในเวลาที่เหมาะสม [3] แนวคิดนี้เริ่มจากระบบการผลิตของโตโยต้า (Toyota Production System: TPS) และกลายเป็นแนวทางในการปฏิบัติสำคัญในอุตสาหกรรมทั่วโลกโดยมีหลักการสำคัญซึ่งประกอบด้วยระบุคุณค่า (Value) สร้างแผนผังสายธารแห่งคุณค่า" (Value Stream Mapping) สร้างการไหลของกระบวนการ (Flow) การผลิตแบบดึง (Pull Production) และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง คล้ายกับงานวิจัยของ Oksana Honcharenko [4] ใช้ระบบการผลิตแบบลีนวิเคราะห์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทางธุรกิจจากหลากหลายอุตสาหกรรมเพื่อระบุและลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม เช่น การผลิตมากเกินไป ผลการปรับปรุงสามารถลดต้นทุน เพิ่มคุณภาพของสินค้า และลดระยะเวลาของวงจรการผลิต กระบวนการผลิตเกิดความยืดหยุ่น ช่วยให้องค์กรตอบสนองต่อความผันผวนของตลาดได้ดีขึ้น และผลลัพธ์ที่สำคัญที่สุด คือ การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานผ่านการลดความสูญเสีย เช่น ลดเวลาในการรอคอยและข้อผิดพลาดในการผลิตได้

2.3 แผนผังสายธารแห่งคุณค่า

แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ซึ่งใช้วิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยมุ่งเน้นการกำจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (Non-Value Added Activities) สร้างกระบวนการผลิตที่มีความไหลลื่นมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยมีหลักการสำคัญประกอบด้วย [5] ระบุคุณค่า (Value Identification) สร้างแผนภาพสถานะปัจจุบัน (Current State Map) ออกแบบสถานะอนาคต (Future State Map) และดำเนินการปรับปรุง (Implementation) ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ Mariusz Salwin, Karolina Pszczółkowska, Michał Pałega and Andrzej Kraslawski [6] ใช้แผนภาพแห่งคุณค่าในการวิเคราะห์กระบวนการผลิตเครื่องมือช่างที่ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและลดการใช้พลังงานผลการปรับปรุงทำให้ความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจาก 70.3% เป็น 85.2% ประสิทธิภาพแรงงานในกระบวนการฉีดขึ้นรูปเพิ่มขึ้น 9.4% การใช้พลังงานลดลง 295,488 kWh ต่อปี คิดเป็นเงิน 53,253 ยูโร และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร์ได้

2.4 การจัดสมดุลสายการผลิต

การจัดสมดุลสายการผลิตเป็นกลยุทธ์สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในกระบวนการผลิต โดยมุ่งเน้นการสร้างความสมดุลระหว่างความต้องการของลูกค้าและความสามารถในการผลิตในแต่ละสถานี การจัดสมดุลที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันขององค์กรในระยะยาว [7] โดยยึดหลักตามการคำนวณค่าจังหวะความต้องการของลูกค้า (Takt Time) หมายถึงค่าเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าต้องการสินค้า (Demand Rate) ใช้เป็นตัวกำหนดว่ากระบวนการผลิตแต่ละส่วนควรทำงานด้วยความเร็วเท่าใดเพื่อให้ทันต่อความต้องการนำไปแบบเทียบกับรอบเวลาการผลิต (Cycle Time) หมายถึงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละสถานีงาน (Workstation) สำหรับการผลิตสินค้าหนึ่งชิ้นซึ่งแต่ละสถานีควรมีรอบเวลาการผลิตที่ใกล้เคียงกับจังหวะความต้องการของลูกค้าเพื่อให้เกิดความสมดุล คล้ายกับงานวิจัยของ Onur Mesut Senaras [8] ปรับปรุงสายการผลิตที่ไม่มีความสมดุลส่งผลให้เกิดคอขวดและเวลาว่างในหลายสถานีงานส่งผลให้กระบวนการผลิตไม่มีประสิทธิภาพ โดยทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมดุลสายการผลิตและ จำลองสถานการณ์ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงในระบบแบบไม่ต่อเนื่องหลังการปรับปรุงยังมีความยืดหยุ่นสูงขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลงได้ดีขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอย่างยั่งยืน

2.5 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ

เครื่องมือควบคุมคุณภาพเป็นชุดเครื่องมือ และเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ ติดตาม และปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตหรือบริการ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อระบุและลดข้อผิดพลาด เพิ่มความสม่ำเสมอ และสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า [9] ซึ่งประกอบด้วย แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) กราฟการกระจาย (Scatter Diagram) ฮิสโตแกรม (Histogram) แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) Graph (กราฟ) และแผนภูมิการควบคุม (Control Chart) เหมือนงานวิจัยของ Nina Aini Mahbubah and Moh. Jufriyanto [10] ใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพงานพิมพ์เสื้อจากปัญหา ตำแหน่งพิมพ์ผิด การรั่วของหน้าจอ และเสื้อสกปรกเพื่อระบุสาเหตุและแก้ไขปัญหา จากนั้นแก้ไขปัญหาด้วยการฝึกอบรมพนักงาน การบำรุงรักษาเครื่องจักร และปรับปรุง

วัสดุ ผลลัพธ์การปรับปรุงแก้ไขสามารถลดข้อผิดพลาดได้จาก 45% เหลือ 20% และเพิ่มกำไรให้กับองค์กรได้ 15%

2.6 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

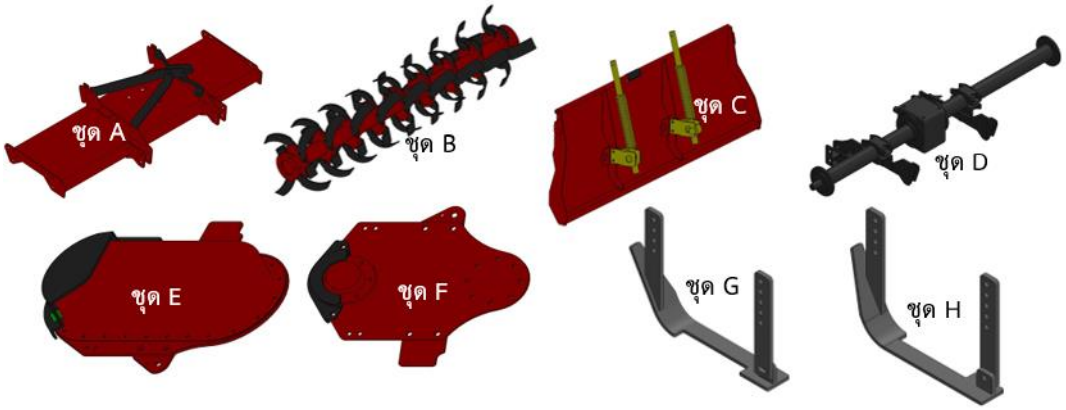
การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนเป็นแนวทางสำคัญที่องค์กรต่าง ๆ นำมาใช้ในการลดความสูญเปล่า เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการประยุกต์ให้เข้ากับกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยเลือกใช้เครื่องมือได้หลากหลายเพื่อให้เข้ากับสถานการณ์ปัจจุบัน เช่น การวิเคราะห์สายธารแห่งคุณค่า การจัดสมดุลสายการผลิต และเทคนิค ECRS คล้ายกับงานวิจัยของ

Syed Imran Zaman, Sharfuddin Ahmed Khan and Angappa Gunasekaran [11] ศึกษาและประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนเพิ่มประสิทธิภาพและลดความไร้ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตโดยปัญหาพบคือการสูญเปล่า (Waste) ในกระบวนการ เช่น การผลิตที่มากเกินไป การรอคอยงาน และความซับซ้อนในการจัดการทรัพยากร สาเหตุเกิดจากการขาดการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมและไม่มีการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง วิธีการแก้ไขรวมถึงการใช้เทคนิคระบบการผลิตแบบลีน เช่น ระบบคัมบัง และแผนผังสายธารแห่งคุณค่า เพื่อระบุและลดขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มพร้อมทั้งสร้างวัฒนธรรมองค์กรที่ส่งเสริมความต่อเนื่องในการปรับปรุง ผลการปรับปรุงสามารถลดเวลารอคอย ลดต้นทุน และเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้หลังการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยของ Bressan, Alberto [12] ศึกษาและประยุกต์ใช้ระบบคัมบังในการปรับปรุงกระบวนการผลิตจากปัญหาการประสานงานที่ไม่เป็นระบบและการสูญเปล่าในการขนส่งซ้ำซ้อนและสินค้าคงคลังมีมากเกินความจำเป็น สาเหตุเกิดจากขาดเครื่องมือจัดการกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ วิธีการแก้ไขนำระบบคัมบังมาใช้เพื่อควบคุมการผลิตแบบดึงลดสินค้าคงคลังที่มีมากเกินความจำเป็นและเพิ่มความโปร่งใสในกระบวนการผลิต ผลการปรับปรุงสามารถลดเวลารอคอยและความสูญเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ สามารถประสิทธิภาพในการจัดการเพิ่มขึ้น สร้างความยืดหยุ่นและตอบสนองต่อคำสั่งซื้อของลูกค้าได้ดีขึ้น

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 สำรวจสภาพปัจจุบัน

ผู้วิจัยสำรวจสภาพปัจจุบันของสายการผลิตโรตารี่พรวนดินของ บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด เริ่มจากการศึกษาส่วนประกอบของโรตารี่พวนดิน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของโรตารี่

จากรูปที่ 1 แสดงชิ้นส่วนเครื่องจักรกลทางการเกษตรส่วนประกอบโรตารี่พรวนดิน ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 ชุด ดังนี้

ชุด A : ฝากระโปรงบน เป็นส่วนประกอบที่ครอบคลุมบริเวณด้านบนของเครื่องจักรเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกและเพิ่มความปลอดภัย

ชุด B : จอบหมุน เป็นส่วนที่ทำหน้าที่พรวนดินโดยจอบหมุนจะทำการตัดดินและวัชพืชให้มีความละเอียดเหมาะสมกับการเพาะปลูก

ชุด C : ฝาท้าย เป็นฝาครอบด้านหลังของโรตารี่ ช่วยควบคุมการกระจายตัวของดินหลังจากการพรวน

ชุด D : ท่อต่อหัวเกียร์ เป็นท่อที่เชื่อมต่อจากระบบส่งกำลังไปยังใบจอบหมุน ทำหน้าที่ถ่ายทอดแรงขับจากเครื่องยนต์ไปยังชุดทำงาน

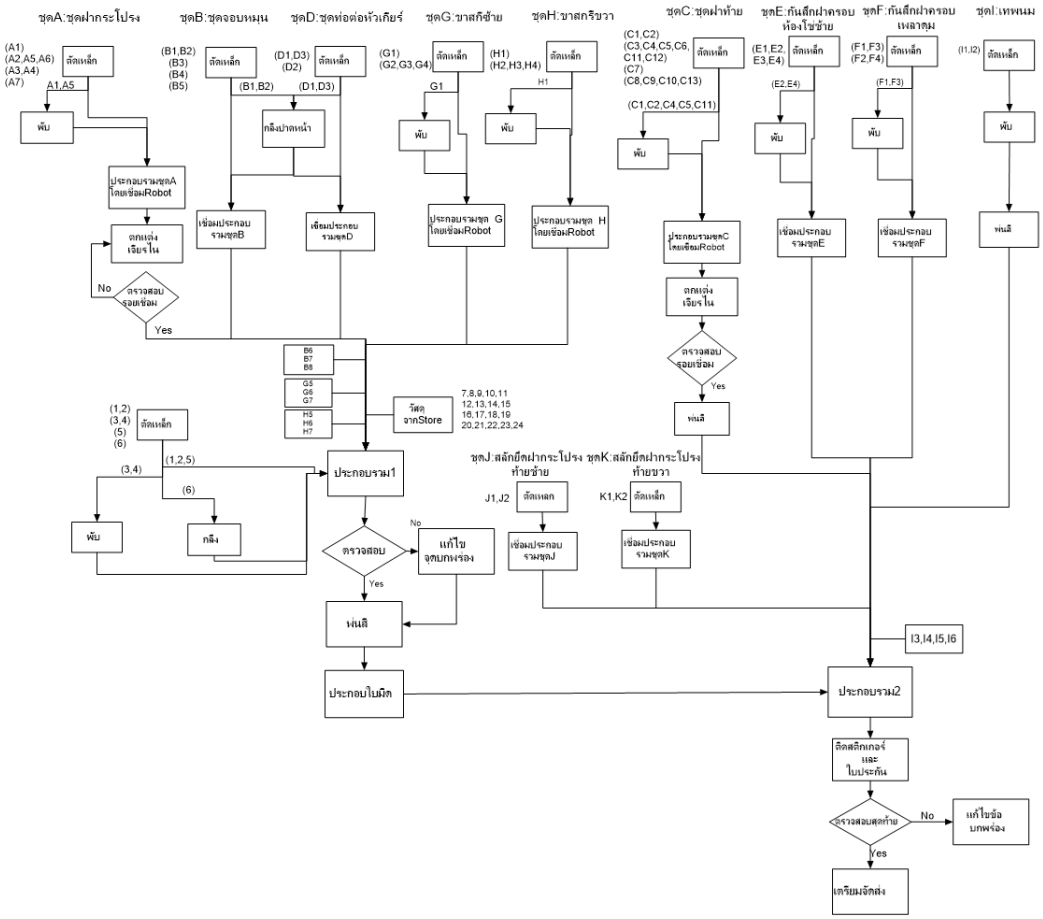
ชุด E : กันสึกฝาครอบห้องโซ่ซ้าย เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันการสึกหรอในฝาครอบห้องโซ่ด้านซ้าย เพื่อยืดอายุการใช้งานของระบบ

ชุด F : กันสึกฝาครอบเพลาดุม เป็นส่วนป้องกันการสึกหรอในบริเวณฝาครอบเพลาดุม ช่วยลดการเสียดสีและการสึกกร่อน

ชุด G : ขาสกรีซ้าย เป็นโครงสร้างที่ช่วยพยุงและควบคุมการทำงานของเครื่องจักรด้านซ้าย

ชุด H : ขาสกรีขวา เป็นโครงสร้างที่คล้ายกับขาสกรีซ้าย แต่ทำหน้าที่ในฝั่งขวาของเครื่องจักร

จากข้อมูลส่วนประกอบของโรตารี่พรวนดิน ผู้วิจัยนำมาเขียนแผนผังการไหลของกระบวนการผลิต (Process Flow Diagram) ดังแสดงในรูปที่ 2

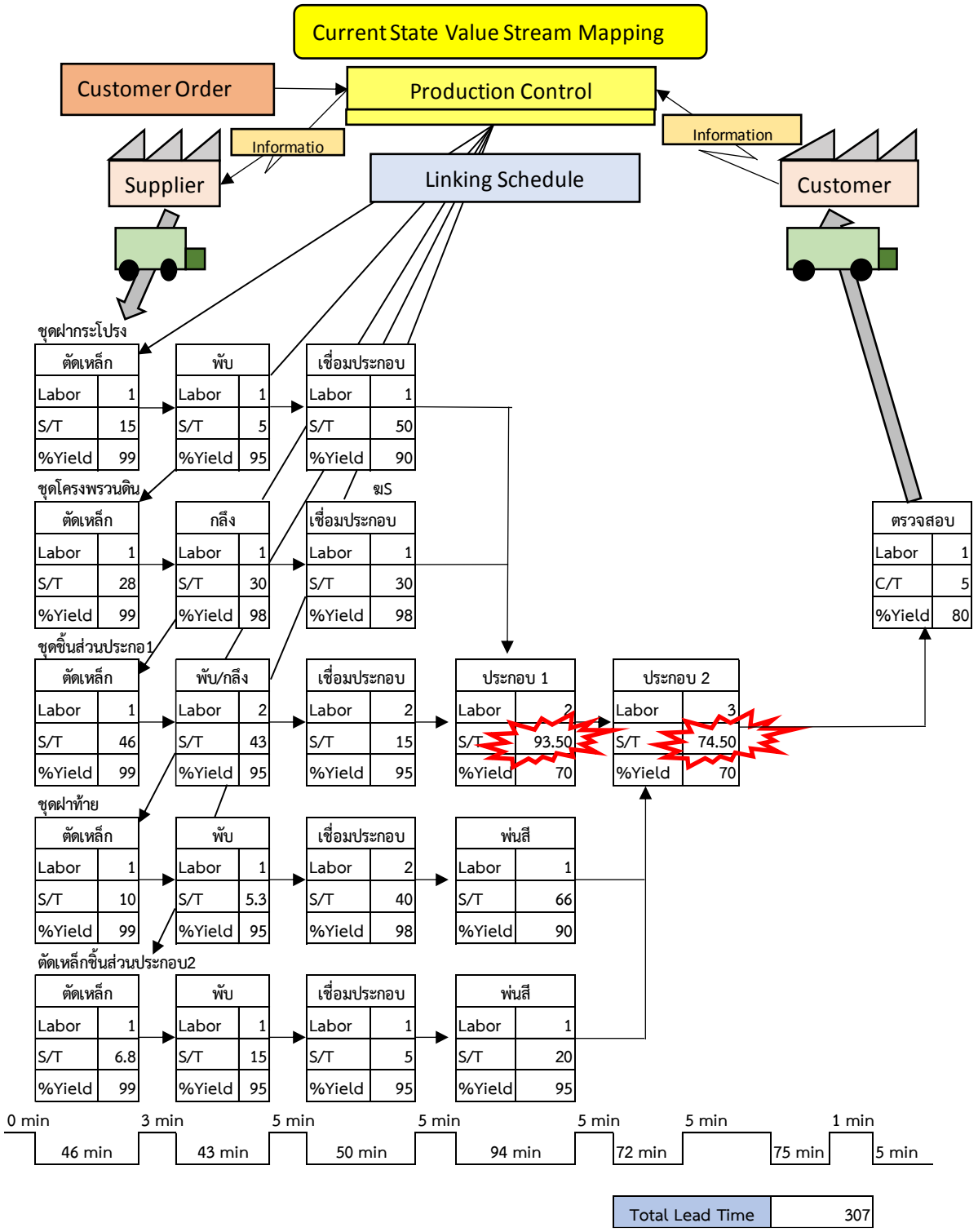


รูปที่ 2 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตโรตารี่พรวนดิน

จากรูปที่ 2 แผนภาพแสดงกระบวนการประกอบชิ้นส่วนซึ่งมีขั้นตอนการทำงานที่เป็นระบบและเป็นลำดับ เริ่มจากการเตรียมชิ้นเล็ก ๆ และส่วนประกอบหลักก่อนเข้าสู่กระบวนการประกอบโดยใช้ Robot และแรงงานคน จากนั้นมีการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน เพื่อให้แน่ใจว่าถูกต้องตามมาตรฐาน หากพบปัญหาจะต้องมีการแก้ไขก่อนส่งต่อไปยังขั้นตอนถัดไป ขั้นตอนสุดท้ายคือการประกอบขั้นสุดท้าย การตรวจสอบความเรียบร้อย และการติดสติกเกอร์เพื่อเตรียมสินค้าให้พร้อมส่งต่อไปยังลูกค้า ผู้วิจัยจึงต้องศึกษาเวลาในการผลิตแต่ละขั้นตอน โดยใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) เพื่อระบุปัญหาของกระบวนการผลิตทำให้มองเห็นภาพรวมของการไหลในการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3

จากรูปที่ 3 กระบวนการเริ่มจากซัพพลายเออร์ส่งวัตถุดิบเข้าสู่ระบบการผลิตผ่านการควบคุมการผลิตและกำหนดตารางการทำงาน แต่ละขั้นตอนการผลิตมีระยะเวลาและอัตราผลตอบแทน (%Yield) ที่แตกต่างกัน จุดที่มีปัญหาคือกระบวนการประกอบ 1 และ 2 ซึ่งมีอัตราผลตอบแทนต่ำ (70%) และเป็นคอขวดรวมเวลาในการผลิตทั้งหมดอยู่ที่ 307 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นโอกาสในการปรับปรุงเพื่อลดของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ผู้วิจัยจึงต้องมีการกำหนดค่าจังหวะความต้องการของลูกค้า (Takt Time) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับรอบเวลาการผลิตด้วยวิธีการคำนวณจากข้อมูลเวลาการทำงานเฉลี่ยปกติต่อวันกับความต้องการของลูกค้า ดังนี้

- เวลาทำงานเฉลี่ยปกติต่อวัน 480นาทีต่อวัน Takt Time = 480/7
- ความต้องการของลูกค้า 7 เครื่องต่อวัน = 68.57 นาทีต่อเครื่อง



รูปที่ 3 แผนผังสายธารแห่งคุณค่ากระบวนการผลิตโรตารี่พรวนดิน

แผนผังสายธารแห่งคุณค่ากระบวนการผลิตโรตารี่พรวนดินปัจจุบันมีกำลังการผลิต (Capacity) จากเวลาทำงานเฉลี่ยปกติต่อวัน 480 นาที รอบเวลาการผลิตก่อนการปรับปรุง 94 นาทีต่อเครื่อง = 480/94 = 5 เครื่องต่อวัน

เป้าหมายในการผลิต = 7 เครื่องต่อวัน

ประสิทธิภาพกระบวนการผลิต = (5/7) *100

= 70.42%

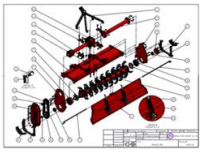
3.2 การเก็บข้อมูลและคำนวณเวลามาตรฐาน

จากการสำรวจสภาพปัจจุบันของการผลิตโรตารี่พรวนดิน ซึ่งมีรอบเวลาการผลิตสูงกว่าค่าจังหวะความต้องการของลูกค้า มีอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้ตามมาตรฐานคุณภาพจากกระบวนการผลิต (Yield) 70% ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตด้วยการใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Process Flow Chart) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 การหาเวลามาตรฐานสถานีการประกอบโรตารี่สถานีงานที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต ☑ คน ☐ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

ชื่อหน่วยงาน: บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด
ที่ตั้ง: เลขที่ 135 หมู่ที่ 2 ต.นิคมสงเคราะห์ อ.เมือง จ.อุดรธานี
กรรมวิธี: การประกอบโรตารี่พรวนดินสถานีงานที่ 1



	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์ ●	➡	D	■	▼
1. เคลื่อนฝากระโปรงวางแท่นประกอบ	2.6	0.3		➡			
2. เดินไป-กลับ หยิบซัพพอรต์หัวเกียร์ตัวล่าง	1.8	0.05		➡			
3. ใส่ซัพพอรต์หัวเกียร์ตัวล่าง	0	2	●				
4. เคลื่อนชุดหัวเกียร์มาแท่นประกอบ	3	0.15		➡			
5. ประกอบชุดหัวเกียร์	0	6	●				
6. เดินไป-กลับ หยิบซัพพอรต์หัวเกียร์ตัวบน	1.8	0.05		➡			
7. ใส่ชุดซัพพอรต์หัวเกียร์ตัวบน	0	2	●				
8. เดินไป-กลับ หยิบชุดฝาข้าง	2.2	0.05		➡			
9. ประกอบชุดฝาข้าง	0	8	●				
10. เดินไป-กลับ หยิบขาสกรี	0	0.1		➡			
11. ประกอบขาสกรี	3.8	2	●				
12. ใช้สว่านขัดน็อตทุกตำแหน่ง	0	5	●				
13. นำเครื่องออกจากแท่นประกอบ	8	1.3	●				
14. เคลื่อนชุดพรวนดินมาที่จุดประกอบ	6.4	1.3		➡			
15. ประกอบชุดพรวนดิน	0	7	●				
16. ยกเครื่องตั้งขึ้นแนวตั้ง	0	0.1	●				
17. เดินไป-กลับ หยิบฝาท้ายและน็อต	5	6		➡			
18. ประกอบใส่ฝาท้าย	0	10	●				
19. เจียรตบแต่งส่วนประกอบ	0	5	●				
20. เดินไป-กลับ หยิบน้ำมัน	6	2		➡			
21. ใส่น้ำมันลงเครื่อง 3 ตำแหน่ง	0	10	●				
22. เคลื่อนเครื่องทดสอบมาที่จุดทดสอบ	0	0.3		➡			
23. ทดสอบการหมุน	0	5				■	
24. จัดเก็บเตรียมรอส่งพ่นสี	0	0.3					▼
รวม	**40.6**		12	10		1	1
เวลาเฉลี่ยปกติ (Normal Time)		74					

เวลาเผื่อ (Allowance Time)
- เวลาเผื่อความส่วนบุคคล = 10% ของ OT = 7.4
- เวลาเผื่อความเหนื่อยล้า = 8% ของ OT = 5.9
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 2% ของ OT = 1.4
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 1.5% ของ OT = 1.1
- เวลาเผื่ออื่น ๆ = 5% ของ OT = 3.7

รวม = 19.50

เวลามาตรฐาน (Standard Time) =Normal Time + Allowance Time = 74+19.50 = 93.50

รูปที่ 4 แผนภูมิการไหลการประกอบโรตารี่สถานีงานที่ 1

จากรูปที่ 4 แสดงแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตประกอบโรตารี่สถานีงานที่ 1 พบว่าเวลามาตรฐานในการผลิตคือ 93.50 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่เกินค่ากว่าจังหวะความต้องของลูกค้าอยู่ 24.93 นาที

3.2.1 การหาเวลามาตรฐานสถานีการประกอบโรตารี่สถานีงานที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 5

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต ☑ คน ☐ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

ชื่อหน่วยงาน: บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด
ที่ตั้ง: เลขที่ 135 หมู่ที่ 2 ต.นิคมสงเคราะห์ อ.เมือง จ.อุดรธานี
กรรมวิธี: การประกอบโรตารี่พรวนดินสถานีงานที่ 2 (ชุดเทพพนม)

	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์ ●	➡	D	■	▼
1. เคลื่อนย้ายเครื่องวางที่แท่นประกอบ	0	0.3		➡			
2. ใส่ใบมีด ชุดน็อต และวงแหวน	0	25	●				
3. ยิงสว่านเพื่อขันน็อต	0	7	●				
4. ตรวจสอบการยิงและขีดสัญลักษณ์	0	3				■	
5. ต๊าปเกลียว	0	5	●				
6. เคลื่อนย้ายเครื่องมาที่จุดประกอบสุดท้าย	8	1		➡			
7. เคาะเหล็กบริเวณใส่ฝาท้าย	0	0.2	●				
8. เดินไป-กลับ หยิบฝาท้ายและราวฝาท้าย	10	1		➡			
9. เจียรฝาท้าย	0	0.2	●				
10. ประกอบฝาท้าย	0	1.2	●				
11. เดินไป-กลับ หยิบน็อตและเครื่องมือ	3.5	0.5		➡			
12. ตัดเหล็กบริเวณหูสลัก	0	0.3	●				
13. เดินไป -กลับ หยิบชุดสปริงและชุดเทพ	4	1		➡			
14. ประกอบสปริงและชุดเทพนม	0	3	●				
15. เดินไป-กลับ หยิบน็อต	3.5	0.1		➡			
16. ใส่น็อตแต่ละจุด	0	0.2	●				
17. ใช้สว่านขันน็อตแต่ละจุด	0	0.3	●				
18. ยกเครื่องขึ้น	1	0.10	●				
19. ใช้สว่านขันน็อต	0	0.2	●				
20. เคลื่อนย้ายเครื่องออกจากจุดประกอบ	10	1		➡			
21. เตรียมสี	0	1.3	●				
22. แต้มสีจุดที่บกพร่อง	0	7	●				
รวม	**40**		14	7		1	
เวลาเฉลี่ยปกติ (Normal Time)		58.9					

เวลาเผื่อ (Allowance Time)
- เวลาเผื่อความส่วนบุคคล = 10% ของ OT = 5.9
- เวลาเผื่อความเหนื่อยล้า = 8% ของ OT = 4.7
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 2% ของ OT = 1.2
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 1.5% ของ OT = 0.9
- เวลาเผื่ออื่น ๆ = 5% ของ OT = 2.9

รวม = 15.60

เวลามาตรฐาน (Standard Time) =Normal Time + Allowance Time = 58.90+15.60 = 74.50

หมายเหตุ OT = Operation Time = เวลาปฏิบัติงานที่วิเคราะห์ได้เบื้องต้น

รูปที่ 5 แผนภูมิการไหลการประกอบโรตารี่สถานีงานที่ 2

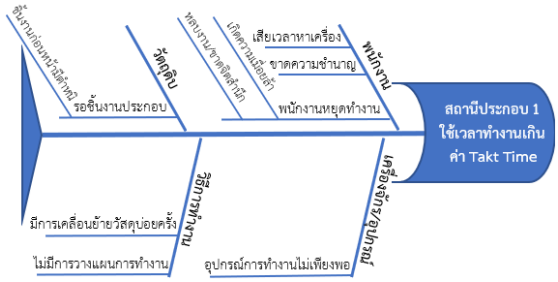
จากรูปที่ 5 แสดงแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตประกอบโรตารี่สถานีงานที่ 2 ชุดเทพพนม พบว่าเวลามาตรฐานในการผลิตคือ 74.50 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่เกินค่ากว่าจังหวะความต้องของลูกค้าอยู่ 5.93 นาที

3.3 วิเคราะห์ปัญหาและกำหนดแนวทางการแก้ไข

จากข้อมูลรอบเวลามาตรฐานของกระบวนการประกอบโรตารี่พรวนดินและชุดเทพพนมพบว่าปัญหาหลักเกิดจาก

กระบวนการปฏิบัติงานที่ไม่มีความสมดุลและขาดความสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ดังข้อมูลต่อไปนี้

3.3.1 การวิเคราะห์ปัญหากระบวนการประกอบโรตารี่ ด้วยแผนผังก้างปลาสถานีประกอบที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาสถานีประกอบที่ 1

จากรูปที่ 6 พบว่ากระบวนการประกอบโรตารี่ มีการเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างกระบวนการบ่อยครั้งส่งผลให้เกิดความล้าช้าและพนักงานเกิดความเมื่อยล้า โดยขั้นตอนการเคลื่อนย้ายก่อนการปรับปรุง ดังแสดงได้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายก่อนการปรับปรุง

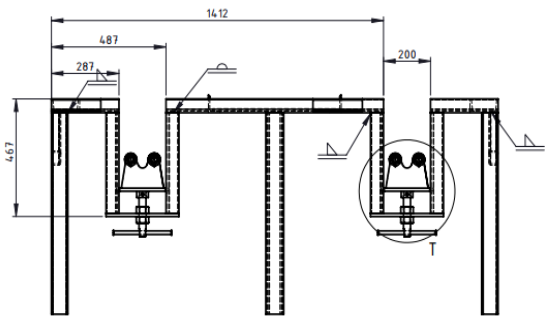
ครั้งที่	ภาพประกอบ	กระบวนการ
1		เคลื่อนย้ายฝากระโปรงวาง บนแท่นประกอบ
2		เคลื่อนชุดหัวเกียร์มายสายประกอบ
3		เคลื่อนย้ายเครื่องออกจากแท่นประกอบ
4		เคลื่อนย้ายชุดพรวนดินมายังจุดประกอบ
5		ยกเครื่องตั้งขึ้นในแนวตั้ง
6		เคลื่อนย้ายเครื่องมาจุดทดสอบการหมุน
7		เคลื่อนจัดเก็บเตรียมส่งพ่นสี

จากตารางที่ 1 แสดงปัญหาความสูญเปล่าจากขั้นตอนการเคลื่อนย้ายวัสดุที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบโรตารี่ 1 ชุด ซึ่งมีมากถึง 7 ขั้นตอน ต้องใช้เครนเป็นอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายเนื่องจากชิ้นส่วนที่ประกอบมีน้ำหนักมากและโต๊ะประกอบไม่สามารถประกอบราวผานพรวนได้จึงต้องย้ายเครื่องลงมาจากโต๊ะประกอบเพื่อวางบนที่พื้นแนวนอนเพื่อประกอบราวผานพรวนก่อน ส่งผลให้สูญเสียเวลาในการประกอบและการเคลื่อนย้ายบ่อยครั้งทำให้พนักงานเกิดความเมื่อยล้า ผู้วิจัยจึงกำหนดแนวทางในการแก้ไข ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กำหนดแนวทางการแก้ไขการประกอบโรตารี่ 1

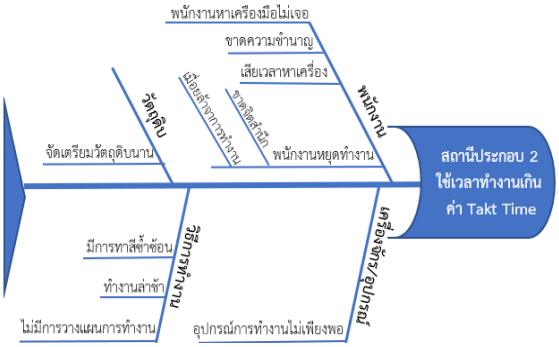
ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
การประกอบโรตารี่ใช้เวลาเกินค่า Takt Time	มีการเคลื่อนย้ายบ่อย เกิดความเมื่อยล้า	ออกแบบ-สร้างโต๊ะประกอบใหม่
	พนักงานขาดความรู้	จัดทำ WI

จากตารางที่ 2 แนวทางการแก้ไขปัญหาการประกอบโรตารี่ ผู้วิจัยนำมาออกแบบโต๊ะประกอบที่สามารถประกอบได้แบบเบ็ดเสร็จเพื่อลดการใช้เคลนเคลื่อนย้ายและแนวทางควรจะประกอบได้ครั้งละ 2 เครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การออกแบบโต๊ะประกอบโรตารี่

3.3.2 การวิเคราะห์ปัญหากระบวนการประกอบโรตารี่ ด้วยแผนผังก้างปลาสถานีประกอบที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผนผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาสถานีประกอบที่ 2

จากรูปที่ 8 พบว่ากระบวนการประกอบที่ 2 ชุดเทพพนม พบว่าขั้นตอนการทาสีพนักงานมีการทำงานซ้ำซ้อน ขาดการวางแผนในการประกอบ พนักงานขาดความชำนาญ ส่งผลให้สูญเสียเวลา ผู้วิจัยจึงนำกำหนดแนวทางในการแก้ไข ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กำหนดแนวทางการแก้ไขการประกอบโรตารี่ 1

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
ประกอบชุดเทพพนม ใช้เวลาเกินค่า Takt Time	พ่นสีซ้ำซ้อน	ปรับวิธีการทำงาน
	ไม่มีการวางแผน	จัดทำ WI
	ขาดความชำนาญ	
	ขาดจิตสำนึก	จัดอบรมพนักงาน

จากตารางที่ 3 แนวทางการแก้ไขปัญหาการประกอบชุดเทพพนมใช้เวลาทำงานเกินค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าเนื่องจากขั้นตอนการทาสีมีการทำงานที่ซ้ำซ้อน ผู้วิจัยจึงนำมาวิเคราะห์ปัญหาซ้ำอีกครั้งเพื่อค้นหารากเหง้าของปัญหาที่แท้จริงด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม ทำไม ทำไม ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 วิเคราะห์ปัญหาการทาสีซ้ำซ้อน

ปัญหา	ทำไม	ทำไม	ทำไม
พ่นสีซ้ำซ้อน	**เพราะว่า:** สีหลุดถลอก	**เพราะว่า:** เกิดการเคาะและงัดเพื่อให้ประกอบเข้า	**เพราะว่า:** การเชื่อมทำให้เหล็กขยายตัว
มาตรการตอบโต้			
ต้องปรับให้ได้ขนาดหลังจากการเชื่อม ด้วยการออกแบบอุปกรณ์กำหนดขนาด			

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ขั้นตอนการทาสีชุดเทพพนมเกิดความซ้ำซ้อนเนื่องจากบางจุดเกิดสีหลุดเป็นรอยถลอก ซึ่งเกิดจากการเคาะและงัดส่วนขณะทำการประกอบ ดังแสดงในรูปที่ 9

รูปที่ 9 การประกอบชุดเทพพนมก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 9 มาตรการตอบโต้ จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาแนะนำให้ มีการออกแบบอุปกรณ์กำหนดขนาดเพื่อใช้ในการทดสอบขณะทำการเชื่อมก่อนส่งชิ้นส่วนอุปกรณ์มายังสายการประกอบเพื่อลดการงัดและเคาะของพนักงานขณะทำการประกอบ

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการสรุปผลการกำหนดแนวทางการแก้ไข ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การปรับปรุงแก้ไขปัญหาสถานีงานประกอบที่ 1 มีรอบเวลาการผลิตเกินค่าจังหวะความต้องการของลูกค้า จากการกำหนดแนวทางการแก้ไขผู้วิจัยได้ออกแบบโต๊ะประกอบโรตารี่เพื่อลดการเคลื่อนย้ายวัสดุในระหว่างกระบวนการและสามารถประกอบได้พร้อมกัน 2 เครื่อง จากนั้นนำไปจัดสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 10

รูปที่ 10 โต๊ะอุปกรณ์ต้นแบบในการประกอบโรตารี่

จากรูปที่ 10 หลังจากจัดสร้างโต๊ะอุปกรณ์ต้นแบบ ผู้วิจัยนำไปทดสอบใช้งานจริงในกระบวนการประกอบโรตารี่พรวนดิน ดังแสดงในรูปที่ 11

รูปที่ 11 การทดสอบใช้งานจริงของโต๊ะประกอบโรตารี่

จากการทดสอบการใช้งานจริงในการประกอบโรตารี่ของโต๊ะประกอบงานผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิต ก่อนและหลังการปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบ ยืนยันผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 รอบเวลาการประกอบ ก่อนและหลังปรับปรุง

ครั้งที่	รอบเวลา (ก่อน)	รอบเวลา (หลัง)
1	36	20
2	35	18
3	37	21
4	35	18
5	32	16
6	34	19
7	33	22
8	34	18
9	32	20
10	33	17
11	34	18
12	35	19
ค่าเฉลี่ย	34.17	18.83

จากข้อมูลการทดสอบและเปรียบเทียบในส่วนของการประกอบโรตารี่ เฉพาะส่วนที่มีการเคลื่อนย้ายวัสดุสามารถลดรอบเวลาได้จาก 34.17 นาที เหลือ 18.83 นาที ลดลง 15.34 นาที คิดเป็น 44.89% และผลของการปรับปรุงเหลือขั้นตอนในการใช้เคลนเคลื่อนย้ายวัสดุ ดังแสดงในตารางที่ 6

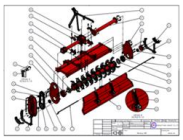
ตารางที่ 6 การใช้เคลนเคลื่อนย้ายวัสดุ หลังการปรับปรุง

ครั้งที่	ภาพประกอบ	กระบวนการและเวลา
1		เคลื่อนราวพรวนวางบนโต๊ประกอบ (0.6 นาที)
2		เคลื่อนฝากระโปรงมาวางบนโต๊ะประกอบ (0.5 นาที)
3		เคลื่อนชุดหัวเกียร์มาวางบนโต๊ะประกอบ (0.6 นาที)
4		เคลื่อนย้ายโรตารี่ออกจากโต๊ะประกอบ (1.3 นาที)

จากตารางที่ 6 การเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงพบว่าสามารถตัดขั้นตอนการเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างกระบวนการได้จาก 7 ขั้นตอนเหลือ 4 ขั้นตอน ลดลง 3 ขั้นตอน คิดเป็น 42.85% รอบเวลาในใช้เคลนเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างกระบวนการเฉลี่ย 3 นาทีต่อการประกอบโรตารี่ 1 เครื่อง ส่วนปัญหาที่พนักงานขาดความชำนาญในการประกอบ ซึ่งทำให้การประกอบใช้เวลาค่อนข้างมาก หลังจากการจัดสร้างโต๊ะประกอบโรตารี่ ต้นแบบ ผู้วิจัยได้ทำการจัดสร้างมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน (Work instruction) เพื่อให้พนักงานได้ปฏิบัติตามขั้นตอน และมีการจัดอบรมเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ในการใช้งานตามมาตรฐาน จากนั้นผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลขั้นตอนการปฏิบัติงานและเวลามาตรฐานของแต่ละขั้นตอน ด้วยแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต หลังการปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 12

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต ☐ คน ☑ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

ชื่อหน่วยงาน: บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด
ที่ตั้ง: เลขที่ 135 หมู่ที่ 2 ต.นิคมสงเคราะห์ อ.เมือง จ.อุดรธานี
กรรมวิธี: การประกอบโรตารีพรวนดินสถานีงานที่ 1
(หลังการปรับปรุง)



ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	●	➡	D	■	▼
1. เคลื่อนย้ายราวพรวนวางบนโต๊ะประกอบ	2.5	0.6		➡			
2. เคลื่อนฝากระโปรงมาวางบนโต๊ะประกอบ	2.0	0.6		➡			
3. ใส่ซัพพอรต์หัวเกียร์ตัวล่าง	0	1.0	●				
4. เคลื่อนชุดหัวเกียร์มาวางบนโต๊ะประกอบ	2.5	0.6		➡			
5. ประกอบชุดหัวเกียร์	0	4.0	●				
6. ใส่ซัพพอรต์ตัวบน	0	1.0	●				
7. ประกอบชุดฝาข้าง	0	7.0	●				
8. ประกอบขาสกรี	0	2.0	●				
9. ใช้สว่านขันน็อตทุกตำแหน่ง	0	5.0	●				
10. เคลื่อนย้ายโรตารี่ออกจากโต๊ะประกอบ	8	1.5		➡			
11. ประกอบโซ่ฝาข้าง	0	10	●				
12. ใส่น้ำมันลงเครื่อง 3 ตำแหน่ง	0	10	●				
13. ทดสอบการหมุน	0	5.0				■	
14. จัดเก็บเตรียมส่งพ่นสี	0	0					▼
รวม	15		8	4		1	1
เวลาเฉลี่ยปกติ (Normal Time)		48					

เวลาเผื่อ (Allowance Time)
- เวลาเผื่อความส่วนบุคคล = 10% ของ OT = 4.8
- เวลาเผื่อความเหนื่อยล้า = 8% ของ OT = 3.8
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 2% ของ OT = 1.0
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 1.5% ของ OT = 0.7
- เวลาเผื่ออื่น ๆ = 5% ของ OT = 2.4

รวม = 12.70

เวลามาตรฐาน (Standard Time) =Normal Time + Allowance Time = 48+12.70 = 60.70

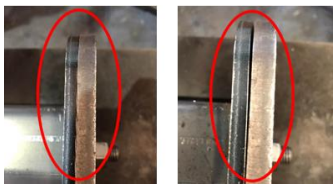
หมายเหตุ OT = Operation Time = เวลาปฏิบัติงานที่วิเคราะห์ได้เบื้องต้น

รูปที่ 12 แผนภูมิการไหลการประกอบ 1 หลังปรับปรุง

จากรูปที่ 12 แผนภูมิการไหลการประกอบโรตารี่หลังการปรับปรุง พบว่าขั้นตอนการปฏิบัติงานลดลงจาก 24 ขั้นตอน เหลือ 14 ขั้นตอน ลดลง 10 ขั้นตอน คิดเป็น 58.33% รอบเวลามาตรฐานลดลงจาก 93.50 นาที เหลือ 60.70 นาทีต่อการประกอบโรตารี่ 1 เครื่อง ซึ่งต่ำกว่าค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าอยู่ 32..83 นาที ส่งผลให้

กระบวนการผลิตสามารถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้าในเวลาทำงานเฉลี่ยปกติต่อวัน

4.2 การปรับปรุงปัญหาสถานีงานประกอบที่ 2 การทาสีซ้ำซ้อน สาเหตุจากการเคาะและงัดชิ้นส่วนในกระบวนการประกอบโดยเฉพาะชิ้นส่วนซัพพอรต์ฝากระโปรงบน และสลักหูสปริง ปัญหาเกิดจากขั้นตอนการเชื่อมด้วยแขนกลเหล็กที่ใช้สำหรับผลิตชิ้นส่วนจะมีความหนาที่แตกต่างกัน คือ 6 มิลลิเมตร กับ 9 มิลลิเมตร ทำให้ขณะเชื่อมเกิดการสะสมความร้อนเกิดการบิดและหดตัว ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 ความหนาที่แตกต่างของวัสดุในการผลิต

จากรูปที่ 13 ผู้วิจัยออกแบบจัดทำอุปกรณ์การตรวจสอบระยะความยาว คือ แท่งเหล็กที่มีขนาดพอดีกับชุดฝาท้าย มีลักษณะเป็นแท่งเหล็กยาว 158.6 เซนติเมตร ใช้กับโรตารี่รุ่น RT-165 และแท่งเหล็กยาว 176.1 เซนติเมต ใช้กับรุ่น RT-185 แสดงดังรูปที่ 14

รูปที่ 14 อุปกรณ์ตรวจสอบระยะความยาวฝากระโปรงบน

จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขปัญหาของสลักหูสปริง โดยเริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตสลักหูสปริงขนาดลอต 150 ชิ้น การตรวจสอบทั่วไปที่ระดับ 3 ค่า AQL = 2.5% ทำการชักตัวอย่างเพื่อตรวจสอบจำนวน 32 ชิ้น โดยมีเงื่อนไข ความกว้าง 30 ± 0.5 มิลลิเมตร หากพบข้อบกพร่องไม่เกิน 2 ชิ้น ให้ยอมรับลอตการผลิตแต่หากพบ 3 ชิ้นขึ้นไปให้ปฏิเสธลอตการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แผนการชักตัวอย่างหูสลักสปริง ก่อนปรับปรุง

ชิ้นที่	ก่อนเชื่อม	หลังเชื่อม	ชิ้นที่	ก่อนเชื่อม	หลังเชื่อม
1	26.5	25	17	25.4	24.3
2	26.5	25.5	18	27.1	26.4
3	26.6	25	19	25.4	24.1
4	25.5	24.9	20	25.5	24.1
5	25.5	24.6	21	25.6	24.5
6	26.6	25.2	22	25.8	24.1
7	25.6	24.4	23	25.6	24.2
8	26.2	24.2	24	25.7	24.5
9	25.8	25	25	26.8	25.1
10	25.9	24.8	26	25.4	24.2
11	26.1	25.2	27	26.5	25.3
12	27.2	26.5	28	26.5	24.9
13	25.5	24.8	29	25.4	25.1
14	26.8	25.3	30	25.2	24.5
15	27.2	26.1	31	26.4	25.3
16	26.4	25.9	32	26.5	25.5

จากตารางที่ 7 ผลการตรวจสอบหูสลักสปริงจำนวน 32 ชิ้น พบว่าได้รับการปฏิเสธทุกชิ้น ทั้งก่อนและหลังการเชื่อมประกอบ แต่จากการตรวจสอบการทำงานจริงของพนักงานเมื่อได้รับชิ้นงานไปประกอบ ทำให้ทราบว่าระยะความกว้างของหูสลักสปริงไม่ได้ขนาดตามที่กำหนดไว้ตั้งแต่ขั้นตอนการพับทีมีขนาดความกว้าง 26.08 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามสปริง 29 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 15

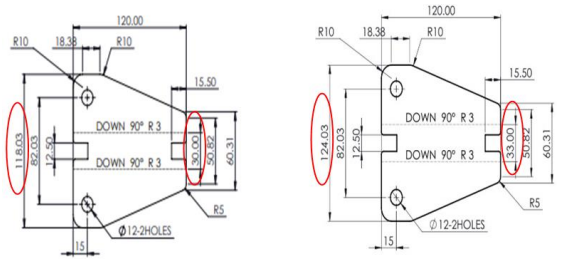
รูปที่ 15 ลักษณะปัญหาของหูสลักสปริง

จากรูปที่ 15 เป็นสาเหตุให้พนักงานต้องงัดหูสลักให้กว้างขึ้นเพื่อจะใส่ด้ามสปริงได้พอดี ส่งผลให้เสียเวลาในการประกอบและทำให้ชิ้นงานบานออกไม่แข็งแรงและไม่สวยงาม รวมถึงสีเกิดความเสียหายต้องทำการซ่อม

จากนั้นผู้วิจัยทำการศึกษาขั้นตอนการพับหูสลักสปริง พบว่าวิธีการพับไม่สามารถพับให้ได้ขนาดความกว้าง 30 ± 0.5 มิลลิเมตร ได้เนื่องจากร่องพับขนาด 30 มิลลิเมตร ไม่สามารถพับร่องกลางของหูสลักสปริงได้ จึงต้องใช้ร่องการพับขนาดความกว้าง 25 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ระยะความกว้างหลังการพับแคบกว่า 30 มิลลิเมตร เฉลี่ยความกว้างทำได้สูงสุดที่เฉลี่ย 26.08 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 16

รูปที่ 16 การพับหูสลักสปริง

จากรูปที่ 16 ผู้วิจัยแนะนำให้สายการผลิตแก้ไขแบบงาน โดยเพิ่มระยะความกว้างของรอยบากจาก 30 มิลลิเมตร เป็น 33 มิลลิเมตร และความกว้างจาก 118 มิลลิเมตร เป็น 124.03 มิลลิเมตร รวมถึงการสร้างสลักสอดไว้ในร่องเพื่อป้องกันการหดตัวขณะเชื่อม ดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 17 แบบชิ้นส่วนหูสลักสปริง ก่อนและหลังปรับปรุง

หลังจากการออกแบบชิ้นงานหูสลักสปริงแล้วนำไปเข้ากระบวนการพับเสร็จเรียบร้อย ก่อนนำไปเข้าขั้นตอนงานเชื่อมผู้วิจัยทำการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันการหดตัวของชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 18

รูปที่ 18 อุปกรณ์ป้องกันการหดตัวขณะเชื่อม

จากนั้นทำการชักตัวอย่างเพื่อตรวจสอบอีกครั้งจำนวน 32 ชิ้น ผลการตรวจสอบ ดังแสดงในตารางที่ 8

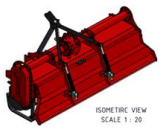
ตารางที่ 8 แผนการชักตัวอย่างหูสลักสปริง หลังปรับปรุง

ชิ้นที่	ก่อนเชื่อม	หลังเชื่อม	ชิ้นที่	ก่อนเชื่อม	หลังเชื่อม
1	30.4	30.4	**17**	30.1	30.1
2	30.2	30.2	**18**	29.8	29.8
3	30.5	30.5	**19**	30.4	30.4
4	29.8	29.8	**20**	30.1	30.1
5	30.0	30.0	**21**	30.6	30.5
6	30.0	30.0	**22**	29.6	29.6
7	31.2	31.2	**23**	30.3	30.3
8	29.8	29.8	**24**	30.4	30.4
9	30.2	30.2	**25**	30.4	30.4
10	30.5	30.5	**26**	29.9	29.9
11	30.4	30.4	**27**	29.9	29.8
12	30.2	30.2	**28**	30.0	30.0
13	29.9	29.9	**29**	30.4	30.4
14	30.0	30.0	**30**	29.2	29.2
15	29.6	29.6	**31**	29.6	29.8
16	29.5	29.5	**32**	30.5	30.5

ผลจากการตรวจสอบหูสลักสปริงจำนวน 32 ชิ้น พบว่าหูสลักสปริงได้รับการยอมรับทุกชิ้น เนื่องจากระยะความกว้างจากการพับอยู่ในพิกัดที่กำหนดไว้ และหลังขั้นตอนการเชื่อมชิ้นงานมีขนาดความกว้างเท่าเดิม ส่งผลให้รอบเวลาการผลิตในสถานีงานประกอบ 2 การเตรียมสีและแต้มสีจุดที่บกพร่องลดลง = 1.3 นาที + 7 นาทีต่อการประกอบ 1 เครื่อง = 8.30 นาที จากนั้นผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลขั้นตอนการปฏิบัติงานและเวลามาตรฐานของแต่ละขั้นตอน ด้วยแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต หลังการปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 19

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต ☐ คน ☑ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

ชื่อหน่วยงาน: บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด
ที่ตั้ง: เลขที่ 135 หมู่ที่ 2 ต.นิคมสงเคราะห์ อ.เมือง จ.อุดรธานี
กรรมวิธี: การประกอบโรตารี่พรวนดินสถานีงานที่ 2 (ชุดเทพพนม) **(หลังการปรับปรุง)**
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน



	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์ ●	➡	D	■	▼
1. เคลื่อนย้ายเครื่องวางที่แท่นประกอบ	0	0.3		➡			
2. ใส่ใบมีด ชุดน็อต และวงแหวน	0	25	●				
3. ยิงสว่านเพื่อขันน็อต	0	7	●				
4. ตรวจสอบการยิงและขีดสัญลักษณ์	0	3				■	
5. ต้าปเกลียว	0	5	●				
6. เคลื่อนย้ายเครื่องมาที่จุดประกอบสุดท้าย	8	1		➡			
7. เคาะเหล็กบริเวณใส่ฝาท้าย	0	0.2	●				
8. เดินไป-กลับ หยิบฝาท้ายและราวฝาท้าย	10	1		➡			
9. เจียรฝาท้าย	0	0.2	●				
10. ประกอบฝาท้าย	0	1.2	●				
11. เดินไป-กลับ หยิบน็อตและเครื่องมือ	3.5	0.5		➡			
12. ตัดเหล็กบริเวณหูสลัก	0	0.3	●				
13. เดินไป -กลับ หยิบชุดสปริงและชุดเทพ	4	1		➡			
14. ประกอบสปริงและชุดเทพนม	0	3	●				
15. เดินไป-กลับ หยิบน็อต	3.5	0.1		➡			
16. ใส่น็อตแต่ละจุด	0	0.2	●				
17. ใช้สว่านขันน็อตแต่ละจุด	0	0.3	●				
18. ยกเครื่องขึ้น	1	0.10	●				
19. ใช้สว่านขันน็อต	0	0.2	●				
20. เคลื่อนย้ายเครื่องออกจากจุดประกอบ	10	1		➡			
รวม	**40**		12	7		1	
เวลาเฉลี่ยปกติ (Normal Time)		50.6					

เวลาเผื่อ (Allowance Time)
- เวลาเผื่อความส่วนบุคคล = 10% ของ OT = 5.1
- เวลาเผื่อความเหนื่อยล้า = 8% ของ OT = 4.0
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 2% ของ OT = 1.0
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 1.5% ของ OT = 0.8
- เวลาเผื่ออื่น ๆ = 5% ของ OT = 2.5

รวม = 13.40

เวลามาตรฐาน (Standard Time) =Normal Time + Allowance Time = 50.60+13.40 = 64.00

หมายเหตุ OT = Operation Time = เวลาปฏิบัติงานที่วิเคราะห์ได้เบื้องต้น

รูปที่ 19 แผนภูมิการไหลการประกอบ 2 หลังปรับปรุง

จากรูปที่ 19 แผนภูมิการไหลการประกอบโรตารี่หลังการปรับปรุง พบว่าขั้นตอนการปฏิบัติงานลดลงจาก 22 ขั้นตอน เหลือ 20 ขั้นตอน ลดลง 2 ขั้นตอน คิดเป็น 9.09%

รอบเวลามาตรฐานลดลงจาก 74.50 นาที เหลือ 64.00 นาที ต่อการประกอบโรตารี่ 1 เครื่อง ซึ่งต่ำกว่าค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าอยู่ 4.57 นาที ส่งผลให้กระบวนการผลิตสามารถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้าในทำงานเวลาเฉลี่ยปกติต่อวัน

จากการดำเนินงานปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตเครื่องจักรกลการเกษตรในสายการประกอบโรตารี่พรวนดิน หลังการปรับปรุงสามารถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้าได้ในเวลาเฉลี่ยปกติต่อวัน ทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น สามารถคำนวณได้ดังนี้

ประสิทธิภาพกระบวนการผลิต = (7/7) *100

= 100%

จากการคำนวณประสิทธิภาพกระบวนการผลิต หลังการปรับปรุงพบว่า เพิ่มขึ้นจาก 70.42% เป็น 100% คิดเป็นเพิ่มขึ้น 29.58%

จากนั้นผู้วิจัยทำการทดสอบยืนยันผลทางสถิติของความแตกต่างในกรบวนการผลิต ตั้งสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ใช้ข้อมูลจากตารางที่ 5 รอบเวลาการประกอบ ก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งจะเป็นการทดสอบค่าเฉลี่ย ที่เป็นอิสระต่อกัน ดังนี้

สมมติฐานทั่วไป

H_0: เวลาการประกอบไม่มีความแตกต่างกัน

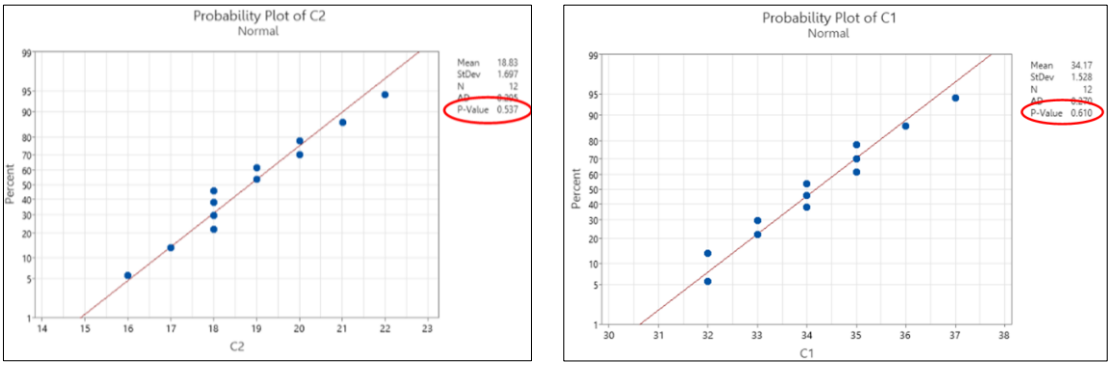
H_1: เวลาการประกอบมีความแตกต่างกัน

สมมติฐานทางสถิติ

H_0: $\mu_1 = \mu_2$

H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$

ผลการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Normality test ดังแสดงในรูปที่ 20



รูปที่ 20 ผลการทดสอบทางสถิติ

จากรูปที่ 20 ผลการทดสอบ Normality test กราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและค่า P-Value ของข้อมูลทั้งสองมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลการจับเวลาการปฏิบัติงานมีการกระจายแบบปกติ ผู้วิจัยนำข้อมูลไปทดสอบ Two sample T-test ด้วยโปรแกรม Minitab ผลการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 21

Method

μ_1: population mean of C1
μ_2: population mean of C2
Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
C1	12	34.17	1.53	0.44
C2	12	18.83	1.70	0.49

Estimation for Difference

Difference	Pooled StDev	95% CI for Difference
15.333	1.614	(13.967, 16.700)

Test

Null hypothesis H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$
Alternative hypothesis H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
23.27	22	0.000

รูปที่ 21 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 21 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab พบว่า ค่า P-value มีค่า 0.00 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลักและยอมรับสมมติฐานรอง แสดงให้เห็นว่าเวลาการประกอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และรอบเวลาผลิตเฉลี่ยในการประกอบโดยการใช้โต๊ะที่ออกแบบสามารถประกอบได้เร็วกว่าวิธีการประกอบแบบเดิม

สรุปแนวทางการปรับปรุงที่กำหนดขึ้นเพื่อลดความสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตประกอบด้วยการออกแบบโต๊ะประกอบเฉพาะสถานี เพื่อลดเวลาการเคลื่อนย้ายวัสดุและลดความเมื่อยล้าของพนักงาน การพัฒนาอุปกรณ์ป้องกันการหดตัวของชิ้นงานในกระบวนการเชื่อมเพื่อเพิ่มความคงที่ในการประกอบ ตลอดจนการจัดทำและฝึกอบรมตามมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) เพื่อยกระดับทักษะความชำนาญของพนักงาน ผลลัพธ์ที่ได้หลังการปรับปรุง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) รอบเวลาการผลิตในสถานีประกอบ 1 และ 2 ลดลงจาก 93.50 นาที เป็น 60.70 นาที คิดเป็นลดลง 35.11% และสถานีประกอบ 2 ลดลงจาก 74.50 นาที เป็น 64.00 นาที คิดเป็นลดลง 14.09%

2) กำลังการผลิตโรตารี่ต่อวันเพิ่มขึ้นจาก 5 เครื่อง เป็น 7 เครื่อง คิดเป็นเพิ่มขึ้น 28.57%

3) ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างกระบวนการผลิตของสถานีงานประกอบที่ 1 ลดลงจาก 7 ขั้นตอน เหลือ 4 ขั้นตอนคิดเป็นลดลง 42.85%

4) ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตโดยรวมเพิ่มขึ้นจาก 70.42% เป็น 100% สะท้อนถึงการใช้ทรัพยากรที่เหมาะสมและสร้างโอกาสในการแข่งขันได้มากยิ่งขึ้น

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยประยุกต์ใช้แนวคิดลีน เพื่อลดความสูญเปล่าและเพิ่มความสมดุลของสายการผลิต จากการวิเคราะห์โดยใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (VSM) และแผนผังก้างปลา พบว่าสาเหตุหลักของประสิทธิภาพต่ำเกิดจากกระบวนการทำงานที่ไม่สมดุล และมีการเคลื่อนย้ายวัสดุที่มากเกินความจำเป็น ซึ่งส่งผลให้กระบวนการผลิตเกิดความล่าช้า แนวทางการแก้ไขที่นำมาใช้ ได้แก่ การออกแบบโต๊ะประกอบเฉพาะสถานีงานเพื่อลดเวลาการเคลื่อนย้าย การพัฒนาอุปกรณ์ป้องกันการหดตัวของชิ้นงานในกระบวนการเชื่อม และการจัดทำคู่มือปฏิบัติงานมาตรฐาน (Work Instruction) เพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดของพนักงาน ส่งผลให้รอบเวลาการผลิตลดลง กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น และต้นทุนแรงงานลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ผลการปรับปรุงยังแสดงให้เห็นว่าสามารถผลิตได้ตรงตามความต้องการของลูกค้าโดยไม่ต้องเพิ่มชั่วโมงทำงานล่วงเวลา ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วย และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันขององค์กร การใช้เครื่องมือทางวิศวกรรม เช่น แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (VSM) และแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ผลการการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบและการเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในแนวคิดการผลิตแบบลีนทำให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ องค์กรสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น สนับสนุนความยั่งยืนด้านเศรษฐกิจและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลการเกษตรได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในอนาคตควรพิจารณานำระบบ IoT หรือระบบการจัดการการผลิต (Production Management System) มาใช้ เพื่อติดตามการเคลื่อนย้ายวัสดุ สถานะการผลิต และเวลารอบการผลิตแบบเรียลไทม์ ข้อมูลที่ได้จะช่วยให้การวิเคราะห์ปัญหามีความแม่นยำมากขึ้น และสามารถตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว

2) มีการเสริมสร้างทักษะพนักงานอย่างต่อเนื่องด้วยการจัดฝึกอบรมพัฒนาทักษะสำหรับพนักงานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อช่วยรักษามาตรฐานคุณภาพในการผลิต และควรมีการจัดทำคู่มือการทำงานที่เข้าใจง่าย พัฒนาหัวหน้าควบคุมงานหรือหัวหน้าสายการผลิตให้มีทักษะด้านการสอนงานเพื่อส่งเสริมให้พนักงานใหม่หรือพนักงานที่ขาดทักษะสามารถพัฒนาได้อย่างรวดเร็ว

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความร่วมมือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่าน ขอขอบคุณผู้บริหารและพนักงานของ บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล ตลอดจนเปิดโอกาสให้ลงพื้นที่ศึกษากระบวนการผลิตอย่างละเอียด ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ต้นสังกัดของผู้วิจัยผู้ประพันธ์บรรณกิจที่ให้การสนับสนุนในเรื่องของเวลาและโอกาสในการทำวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] E. Ozcan and S. M. Islam, “A new productivity measurement framework for manufacturing

systems," *Int. J. Prod. Econ.,* vol. 228, p. 107735, 2020.

[2] S. Yang, "Research on the efficiency improvement of human-machine collaboration in manufacturing production process," *Front. Bus. Econ. Manag.,* vol. 16, no. 1, pp. 355–360, 2024.

[3] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation,* 2 nd ed. New York: Productivity Press, 2019.

[4] O. Honcharenko, "Efficiency of business processes based on lean production technologies," *Nauk. Vìsnik Sìversìnì, Ser. Educ.,* no. 02, pp. 51-56, 2024.

[5] M. Rother and J. Shook, *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*, 1 st ed. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute, 1999.

[6] M. Salwin, K. Pszczółkowska, M. Pałęga, and A. Kraslawski, "Value-stream mapping as a tool to improve production and energy consumption: A case study of a manufacturer of industrial hand tools," *Energies*, vol. 16, no. 21, p. 7292, 2023.

[7] M. P. Groover, *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing,* 5 th ed. Hoboken, NJ: Pearson, Oct.2020.

[8] O. M. Senaras, S. Inanc, and A. E. Senaras, "Optimization of assembly line balancing via response surface methodology and discrete event simulation," *J. Soc. Environ. Manag.,* vol. 18, no. 12, pp. 1–15, 2024.

[9] Y. Zhang, Z. Cheng, and X. Liu, "Application of IoT for quality control in manufacturing," *J. Manuf. Syst.*, vol. 56, pp. 100-248, 2020.

[10] N. A. Mahbubah and M.Jufriyanto, " Pening - katan kualitas sablon kaosdengan menggunakan metode seven tools of quality: Studi kasus di workshop sablon Thinkthinggs.co," *J. Surya Teknika*, vol. 10, no. 2, pp. 123-135, Apr.-Jun. 2023.

[11] S. I. Zaman, S. A. Khan, and A. Gunasekaran, "Unraveling the dynamics of lean manufacturing enablers on operational performance," *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 41, no. 1, pp. 1–37, 2024.

[12] A. Bressan, "The use of electronic Kanban for job order management: The case of BNP Srl," Master's thesis, Univ. Padua, Padova,2024.

การทำนายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการออกกลางคันของนักศึกษา โดยใช้เทคนิคดาต้า ไมน์นิง กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Predicting Factors Influencing Student Dropout Using Data Mining Techniques: A Case Study of Kamphaeng Phet Rajabhat University

จินดาพร อ่อนเกตุ[1*], ฆัมภิชา ตันติสันติสม[1] , พรหมเมศ วีระพันธ์[1],
นรุตม์ บุตรพลอย[2], กนกวรรณ เขียววัน[2] และ คมกริช กลิ่นอาจ[3]
Jindaporn Ongate[1*], Khumphicha Tuntisantisom[1], Phrommate Veerapan[1],
Narut Butploy[2], Kanokwan Khiewwan[2] and Komkrit Klinart[3]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
[3]สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
[1] Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University
[2] Department of Computer Technology, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University
[3]The office of Academic Promotion and Registration, Kamphaeng Phet Rajabhat University
*Email: jindaporn_o@kpru.ac.th
Received: December 17, 2024; Revised: March 6, 2025; Accepted: April 4, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาสถานการณ์การออกกลางคันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 2) เพื่อสร้างโมเดลในการทำนายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการออกกลางคันของนักศึกษาโดยใช้เทคนิคดาต้า ไมน์นิง 3) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลที่พัฒนา โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลงานทะเบียนของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคปกติ ซึ่งเป็นนักศึกษาหมู่เรียน 59, 60, 61, 62 และ 63 จำนวน 18 แอตทริบิวต์ และ 2,418 ชุดข้อมูล ผลการศึกษาพบว่า 1) แต่ละหมู่เรียนมีนักศึกษาออกกลางคัน โดย หมู่เรียน 59 ออกกลางคันร้อยละ 23.59 หมู่เรียน 60 ออกกลางคันร้อยละ 26.52 หมู่เรียน 61 ออกกลางคันร้อยละ 25.33 และหมู่เรียน 62 ออกกลางคันร้อยละ 25.35 2) แบ่งกลุ่มข้อมูล Training :Testing ด้วยอัตราส่วน 70:30 นำปัจจัย 10 ปัจจัยและชุดข้อมูลกลุ่ม Training มาสร้างเป็นโมเดลโดยใช้เทคนิค Classification เปรียบเทียบ 3 วิธี คือ Decision Tree, Naive Bays และ K-Nearest Neighbors 3) ทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล ด้วยวิธีการ 10-Fold Cross Validation และวัดประสิทธิภาพด้วยค่า Accuracy พบว่าโมเดลที่สร้างด้วยเทคนิควิธี K-Nearest Neighbors มีค่าความถูกต้อง 92.19% เทคนิควิธี Decision Tree มีค่าความถูกต้อง 91.47% และเทคนิควิธี Naive Bays มีค่าความถูกต้อง 90.16% ตามลำดับ และเมื่อนำโมเดลไปใช้กับข้อมูลทดสอบ พบว่าโมเดลที่สร้างด้วยเทคนิควิธี Naive Bays มีค่าความถูกต้อง 94.20% เทคนิควิธี K-Nearest Neighbors มีค่าความถูกต้อง 93.52% และเทคนิควิธี Decision Tree มีค่าความถูกต้อง 92.84% ตามลำดับ และจากปัจจัยทั้งหมด ปัจจัยที่ทำให้นักศึกษาออกกลางคันสูงสุด 5 อันดับ ได้แก่ เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาแกน/เอกบังคับ/ครูบังคับ เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาสังคมศาสตร์ เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชามนุษยศาสตร์ และสาขาวิชาที่เรียน จะเห็นได้ว่าปัจจัยส่วนใหญ่เป็นเรื่องของเกรดเฉลี่ยของกลุ่มรายวิชาต่าง ๆ และสาขาวิชาที่เรียน ดังนั้น อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรควรติดตามประเมินผลการเรียนรู้ระหว่างการเรียนในรายวิชาเพื่อให้เห็นถึงแนวโน้มผลการเรียนที่คาดว่าจะได้รับเพื่อจัดกิจกรรมสนับสนุนการเรียนรู้ให้กับนักศึกษาให้ได้รับผลการเรียนตามเกณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อลดอัตราการออกกลางคันของนักศึกษา

คำสำคัญ : การออกกลางคัน, การทำเหมืองข้อมูล, ต้นไม้ตัดสินใจ, เคเนียร์เรสเนเบอร์, การเรียนรู้นาอีฟเบย์

Abstract

The objectives of this research were: (1) to study the dropout situation of students at Kamphaeng Phet Rajabhat University, (2) to develop a predictive model for factors influencing student dropout using data mining techniques, and (3) to evaluate the model's performance. The study utilized undergraduate student records from the university's registration database, focusing on cohorts 59, 60, 61, 62, and 63, comprising 18 attributes and 2,418 data entries.

The findings revealed that: (1) the dropout rates for each cohort were 23.59% for cohort 59, 26.52% for cohort 60, 25.33% for cohort 61, and 25.35% for cohort 62. (2) The dataset was split into training and testing sets in a 70:30 ratio, using 10 key factors to build predictive models through Classification techniques, comparing three methods: Decision Tree, Naive Bayes, and K-Nearest Neighbors (KNN). (3) Model performance was evaluated using 10-Fold Cross-Validation and measured by Accuracy. The results showed that KNN achieved an Accuracy of 92.19%, Decision Tree 91.47%, and Naive Bayes 90.16% on the training data. When tested with the testing set, Naive Bayes yielded an Accuracy of 94.20%, KNN 93.52%, and Decision Tree 92.84%.

The top five factors contributing to student dropout were: average grades in core/major/required education courses, average grades in language and communication courses, average grades in social science courses, average grades in humanities courses, and the field of study. It can be observed that most of the factors are related to the students' grade point average (GPA) in different subject groups and their chosen field of study. Therefore, academic advisors and curriculum lecturers should monitor and evaluate students' learning progress during courses to estimate academic performance, enabling the implementation of targeted support activities to help students achieve the required academic standards, thereby reducing the dropout rate.

Keywords : student dropout, data mining, decision tree, K-Nearest Neighbors, Naive Bays

1. บทนำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรเป็นสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษา ที่มีภารกิจในการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยตามพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. 2547 มาตรา 7 และ มาตรา 8 [1] มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรจึงได้กำหนดภารกิจในการดำเนินงานของมหาวิทยาลัย ออกเป็น 6 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการผลิตบัณฑิต 2) ด้านการวิจัย 3) ด้านการบริการวิชาการ 4) ด้านศิลปวัฒนธรรม 5) ด้านการผลิตและพัฒนาครู และ 6) ด้านการบริหารจัดการ ซึ่งภารกิจ 2 ด้านจาก 6 ด้าน คือ ด้านการผลิตบัณฑิต และด้านการผลิตและพัฒนาครู มุ่งเน้นในการผลิตบัณฑิต ซึ่งมหาวิทยาลัยจะต้องดูแลนักศึกษาให้สามารถเล่าเรียนได้จนจบหลักสูตรหรือจบการศึกษาจนเป็นบัณฑิต และนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในการทำงานและการดำรงชีวิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรมีบทบาทสำคัญในการมอบโอกาสทางการศึกษาแก่ชุมชนท้องถิ่น แต่ต้องเผชิญกับปัญหาในการผลิตบัณฑิต ซึ่งจำนวนบัณฑิตน้อยกว่าจำนวนนักศึกษารับเข้าเนื่องมากจากอัตราการออกกลางคันที่สูง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อภารกิจของมหาวิทยาลัยในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในพื้นที่ ทำให้มหาวิทยาลัยจึงต้องเผชิญกับความท้าทายในการรักษานักศึกษาให้อยู่จนสำเร็จการศึกษา ดังนั้น การออกกลางคันของนักศึกษาจึงกลายเป็นปัญหาที่สำคัญที่จะต้องหาแนวทางในการแก้ไข การแก้ปัญหา และจะต้องหาสาเหตุของปัญหาเพื่อที่จะแก้ปัญหาได้ถูกต้อง การศึกษาถึงปัจจัยที่ทำให้นักศึกษาออกกลางคันจึงเป็นสิ่งจำเป็น

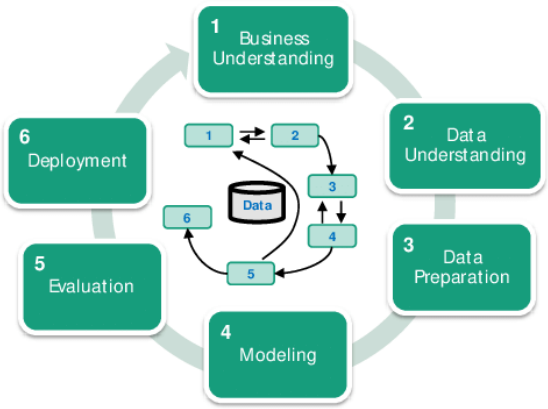
มหาวิทยาลัยมีการจัดเก็บข้อมูลนักศึกษาตั้งแต่เข้าเรียนในมหาวิทยาลัย และเก็บผลการเรียนของนักศึกษาตลอดระยะเวลาที่ศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัย ซึ่งการทำดาต้า ไมน์นิง (data mining) เป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถกระทำกับข้อมูลเหล่านั้นเพื่อค้นหารูปแบบและความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในชุดข้อมูล หนึ่งในวิธีการของดาต้า ไมน์นิง คือ การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) จะสามารถนำข้อมูลที่มีในอดีตมาจำแนกและสร้างเป็นโมเดล ผู้วิจัยได้นำวิธีนี้มาใช้ในงานวิจัย ซึ่งจะสามารถทำนายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการการออกกลางคันของนักศึกษาได้ หากนำโมเดลดังกล่าวไปใช้งาน

หรือนำผลที่ได้ไปใช้งานจะช่วยให้ อาจารย์สามารถดูแลช่วยเหลือนักศึกษาได้ และมหาวิทยาลัยสามารถนำไปใช้ในการบริหารจัดการมหาวิทยาลัยได้อีกด้วย

2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย CRISP-DM

CRISP-DM หรือ CRoss Industry Standard Process for Data Mining เป็นกระบวนการมาตรฐานในกาวิเคราะห์ข้อมูลด้านดาต้า ไมน์นิง พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1996 โดยความร่วมมือของ 3 บริษัทคือ Daimler Chrysler, SPSS และ NCR ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนจะเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน ขั้นตอนถัดไปจะรอผลลัพธ์จากขั้นตอนก่อนหน้า ขั้นตอนในกระบวนการ CRISP-DM ดังแสดงในรูปที่ 1 [2] โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้ [3]



รูปที่ 1 Cross-Industry Standard Process for Data Mining

1. Business understanding เป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการ CRISP-DM ซึ่งเน้นไปที่การเข้าใจปัญหาและแปลงปัญหาที่ได้ให้อยู่ในรูปโจทย์ของการวิเคราะห์ข้อมูลทางดาต้า ไมน์นิง โดยการกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ข้อมูลทางดาต้า ไมน์นิง การวางแผนเบื้องต้นสำหรับการดำเนินงานด้านเหมืองข้อมูล และระบุปัจจัยที่ต้องการวิเคราะห์ เช่น ปัจจัยที่มีผลต่อการออกกลางคันของนักศึกษา

2. Data understanding เริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูล การตรวจสอบข้อมูลที่รวบรวมมาได้เพื่อดูความถูกต้องของข้อมูล และพิจารณาว่าจะใช้ข้อมูลทั้งหมดหรือจำเป็นต้องเลือกข้อมูลบางส่วนมาใช้ในการวิเคราะห์

3. Data preparation ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำการแปลงข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมมา (raw data) ให้กลายเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปวิเคราะห์ในขั้นถัดไปได้ โดยการแปลงข้อมูลนี้อาจจะต้องมีการทำข้อมูลให้ถูกต้อง (data cleaning) เช่น การแปลงข้อมูลให้อยู่ในช่วง (scale) เดียวกัน หรือการเติมข้อมูลที่ขาดหายไป เป็นต้น โดยขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลามากที่สุดของกระบวนการ CRISP-DM

4. Modeling ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคทางดาต้า ไมน์นิง เช่น การจำแนกประเภทข้อมูล หรือ การแบ่งกลุ่มข้อมูล ซึ่งในขั้นตอนนี้หลายเทคนิคจะถูกนำมาใช้เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นในบางครั้งอาจจะต้องมีการย้อนกลับไปที่ขั้นตอนที่ (3) Data Preparation เพื่อแปลงข้อมูลบางส่วนให้เหมาะสมกับแต่ละเทคนิคด้วย

5. Evaluation ในขั้นตอนนี้จะได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคทางดาต้า ไมน์นิง และวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้ว่าตรงกับวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ในขั้นตอนแรก หรือ มีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ซึ่งอาจจะย้อนกลับไปยังขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการได้

6. Deployment ในกระบวนการทำงานของ CRISP-DM นั้นไม่ได้หยุดเพียงแค่ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคทางดาต้า ไมน์นิงเท่านั้น แม้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงถึงองค์ความรู้ที่มีประโยชน์ แต่จะต้องนำองค์ความรู้ที่ได้เหล่านี้ไปใช้ได้จริงในองค์กรหรือบริษัท ตัวอย่างเช่น การสร้างรายงานเพื่อให้ผู้บริหารหรือนักการตลาดเข้าใจได้ง่ายและสามารถนำไปออกโปรโมชั่นได้ เป็นต้น

2.2 การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification)

การจำแนกประเภทข้อมูล มีเป้าหมายเพื่อจัดประเภทหรือกลุ่มของข้อมูลโดยอาศัยข้อมูลที่มีอยู่ในอดีต (Training Data) เพื่อสร้างแบบจำลอง (Model) สำหรับการทำนายข้อมูลใหม่ในอนาคต [2] การจำแนกประเภทนี้สามารถนำไปใช้ได้ในหลายบริบท เช่น การพยากรณ์ผลการเรียนของนักศึกษา การจัดกลุ่มลูกค้าในธุรกิจ หรือการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกกลางคันของนักศึกษา

กระบวนการจำแนกประเภทข้อมูลประกอบด้วย 3 ขั้นตอนสำคัญ ได้แก่:

1. การสร้างโมเดล (Model Building)

ในขั้นตอนแรกของการจำแนกประเภทข้อมูลจะนำข้อมูลในอดีตที่มีการระบุคลาสเป้าหมาย (Target Class) มาสร้างโมเดล โดยโมเดลนี้ใช้สำหรับเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างแอตทริบิวต์ทั่วไป (Attributes) และแอตทริบิวต์เป้าหมาย ตัวอย่างเทคนิคที่นิยมในการสร้างโมเดล ได้แก่ Decision Tree, Naive Bayes และ Neural Network [4]

2. การทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล (Model Evaluation)

เมื่อสร้างโมเดลเรียบร้อยแล้ว จะต้องทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลกับข้อมูลใหม่ที่ไม่เคยใช้ในการฝึกฝน (Test Data) โดยมีการใช้ตัวชี้วัด (Metrics) หลายรูปแบบ เช่น ความแม่นยำ (Accuracy) ความครอบคลุม (Recall) และค่า F1-Score เพื่อตรวจสอบว่าโมเดลสามารถทำงานได้ดีเพียงใด

วิธีการทดสอบที่นิยม ได้แก่:

Cross Validation: แบ่งข้อมูลเป็นหลายส่วนและสลับกันใช้สำหรับฝึกฝนและทดสอบ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ

10-Fold Cross Validation: แบ่งข้อมูลเป็น 10 ส่วน ใช้ 9 ส่วนสำหรับการฝึกฝน และอีก 1 ส่วนสำหรับการทดสอบในแต่ละรอบ

3. การนำโมเดลไปใช้งาน (Model Deployment)

โมเดลที่ผ่านการประเมินประสิทธิภาพและได้รับการปรับปรุงให้เหมาะสมแล้ว สามารถนำไปใช้ทำนายข้อมูลใหม่ในบริบทที่ต้องการ

2.3 เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Decision Tree

Decision Tree เป็นหนึ่งในเทคนิคที่นิยมใช้สำหรับการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) เนื่องจากมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่เข้าใจง่ายและแปลผลได้โดยตรง [5] วิธีนี้ใช้โครงสร้างต้นไม้ในการตัดสินใจ โดยเริ่มจากโหนดราก (Root Node) ที่เป็นแอตทริบิวต์ที่สำคัญที่สุด และแบ่งกิ่งออกไปตามเงื่อนไขที่กำหนด จนกระทั่งถึงโหนดใบ (Leaf Node) ซึ่งแสดงผลลัพธ์ของการจำแนกประเภท

กระบวนการทำงานของ Decision Tree

1. การเลือกแอตทริบิวต์หลัก

ในการสร้างโครงสร้าง Decision Tree จะเริ่มจากการเลือกแอตทริบิวต์ที่สำคัญที่สุดสำหรับการแบ่งกลุ่มข้อมูล โดยใช้ตัวชี้วัดความสัมพันธ์ เช่น Information Gain (IG) หรือ Gini Index

ตัวชี้วัด Information Gain (IG) คำนวณจากค่าความเอนโทรปี (Entropy) ของข้อมูล:

$$IG(parent, child) = Entropy(parent)-[p(c1)x\ Entropy(c1)+p(c2)xEntropy(c2)+...] \quad (1)$$

โดยที่ Entropy(c1) = -p(c1)log p(c1) และ p(c1) คือ ค่าความน่าจะเป็นของค่า c1 ซึ่งคือ Entropy นี้จะใช้ในการวัดความแตกต่างกันของข้อมูล ถ้าข้อมูลมีความแตกต่างกันน้อยค่า Entropy จะมีค่าต่ำ แต่ถ้าข้อมูลมีค่าแตกต่างกันมากค่า Entropy จะมีค่าสูง ดังนั้นถ้าข้อมูล Entropy ของโหนดลูก (child) สามารถแบ่งแยกข้อมูลได้ดีจะมีค่า Entropy ต่ำ และจะทำให้ค่า IG มีค่าสูงเมื่อเทียบกับโหนดบน (parent)

2. การสร้างโครงสร้างต้นไม้

หลังจากเลือกแอตทริบิวต์หลัก จะสร้างโหนดและกิ่งสำหรับแอตทริบิวต์ย่อย โดยทำกระบวนการเลือกแอตทริบิวต์ซ้ำสำหรับข้อมูลที่ถูกแบ่งออกไป การแบ่งข้อมูลจะดำเนินต่อไปจนกว่าจะถึงโหนดใบ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดในโหนดนั้นมีคลาสเดียวกัน หรือเงื่อนไขการหยุด (Stopping Condition) ถูกกำหนด เช่น ข้อมูลในโหนดมีจำนวนน้อยเกินไป

3. การตัดแต่งต้นไม้ (Tree Pruning)

เพื่อลดความซับซ้อนของโมเดลและป้องกันการเกิด Overfitting จะมีการตัดแต่งโครงสร้าง Decision Tree โดยการลบโหนดที่ไม่จำเป็นหรือโหนดที่เพิ่มความซับซ้อนโดยไม่มีประโยชน์ วิธีการตัดแต่ง ได้แก่ Pre-Pruning (ตัดแต่งขณะสร้างต้นไม้) และ Post-Pruning (ตัดแต่งหลังสร้างต้นไม้)

เทคนิค Decision Tree เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทข้อมูล โดยเน้นการเลือกแอตทริบิวต์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการตัดสินใจในแต่ละขั้นตอน กระบวนการนี้ช่วยให้ได้โมเดลที่ใช้งานได้จริงและมีความสามารถในการทำนายที่แม่นยำ

2.4 เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Naive Bayes

เป็นการสร้างโมเดลแบบง่ายและไม่ซับซ้อน โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็นเป็นหลัก [2]

$$P(C|A) = \frac{P(A|C)\text{-}P(C)}{P(A)} \quad (2)$$

จากสมการของ Bayes อธิบายได้ว่า ถ้าต้องการทำนายคลาส C เมื่อทราบแอตทริบิวต์ A แล้วสามารถคำนวณได้จากความน่าจะเป็นของแอตทริบิวต์ A ที่มีคลาส C ในเทรนนิงดาต้า และค่าความน่าจะเป็นของแอตทริบิวต์ A และคลาส C

$P(C|A)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ข้อมูลที่มีแอตทริบิวต์เป็น A และมีคลาส C

$P(A|C)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ข้อมูลเทรนนิง ดาต้าที่มีคลาส C และมีแอตทริบิวต์ A โดยที่ $A = a_1 \cap a_2 \ldots \cap a_M$ และ M คือจำนวนแอตทริบิวต์ในเทรนนิง ดาต้า

$P(C)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของคลาส C

แต่การที่แอตทริบิวต์ $A = a_1 \cap a_2 \ldots \cap a_M$ จะเกิดขึ้นในเทรนนิง ดาต้าอาจจะมีจำนวนน้อยมากหรือไม่มีรูปแบบของแอตทริบิวต์แบบนี้เกิดขึ้นเลย ดังนั้นจึงได้ใช้หลักการที่ว่าแต่ละแอตทริบิวต์ทุกตัวมีความเป็น independent ต่อกันทำให้สามารถเปลี่ยน $P(A|C)$ ได้เป็น

$$P(A|C) = P(a_1|C) x\ P(a_1|C) x \ldots\ P(a_M|C) \quad (3)$$

ทำให้เวลาคำนวณสามารถคำนวณแยกทีละแอตทริบิวต์ได้ ดังสมการ

$$P(C|A) = P(a_1|C) x\ P(a_1|C) x \ldots x\ P(a_M|C) x\ P(C) \quad (4)$$

2.5 เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี K-Nearest Neighbors

วิธีการ K-Nearest Neighbors (K-NN) [2] คล้ายกับการแบ่งกลุ่มข้อมูล คือทำการวัดระยะห่างระหว่างข้อมูลที่ต้องการทำนายกับข้อมูลที่อยู่ใกล้เคียงเป็นจำนวน K ตัว และคำตอบที่ทำนายได้คือคลาสที่พบมากที่สุดของข้อมูลที่เป็นเพื่อนบ้างทั้ง K ตัว ในทางเทคนิคมักใช้วิธีการวัดระยะห่างแบบ Euclidean ซึ่งเกิดจากรากที่สองของผลต่างระหว่างแอตทริบิวต์ต่าง ๆ ยกกำลังสอง ดังสมการ

$$D_{Euclidean} = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \cdots + (x_L - y_L)^2} \quad (5)$$

โดยที่ x_1 คือ แอตทริบิวต์ที่ 1 ของข้อมูลจุดที่ 1 และ y_1 คือ แอตทริบิวต์ที่ 1 ของข้อมูลจุดที่ 2 โดยข้อมูลทั้งสองตัว (X และ Y) มีจำนวนแอตทริบิวต์เท่ากับ L

นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าวิธี K-NN ไม่มีการสร้างโมเดลแต่จะใช้ข้อมูลเทรนนิง ดาต้าทั้งหมดมาช่วยในการนำนาย ทำให้วิธีการนี้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของ lazy model นั่นเอง

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จีระนันต์ เจริญรัตน์ [6] ได้ทำงานวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพ้นสภาพของนักศึกษาที่มีผลการเรียนปกติโดยใช้ต้นไม้ตัดสินใจ ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพ้นสภาพของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่มีผลการเรียนของเกรดเฉลี่ยสะสมตั้งแต่ 2.00 ขึ้นไป ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ข้อมูลนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่เข้าศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2553-2557 มีจำนวน 3,385 ชุดข้อมูล เลือกใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล แบบ Classification เลือกการทำนายข้อมูลด้วยวิธี Decision Tree และใช้อัลกอริธึมชนิด J48 การทดสอบโมเดลที่ได้จะทำการทดสอบแบบ 10-fold cross validation โดยใช้โปรแกรม WEKA ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญที่จะส่งผลต่อการพ้นสภาพของนักศึกษาที่มีผลการเรียนปกติแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามกลุ่มเกรดเฉลี่ยสะสม ดังนี้ กลุ่ม Best (GPA>3.50 ขึ้นไป) ปัจจัยคือ วุฒิการศึกษาเดิม กลุ่ม Excellent (GPA=3.00-3.50) ปัจจัยคือ อาชีพมารดา และสาขาวิชาที่เรียน กลุ่ม Good (GPA=2.50-2.99) ปัจจัยคือ ทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา สถานภาพของครอบครัว รายได้ของบิดา รายได้ของมารดา และจังหวัด กลุ่ม Medium (GPA=2.00-2.49) ปัจจัยคือ ทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา สถานภาพครอบครัว และรายได้ของมารดา จากผลการวิจัยนี้สามารถนำกฎการจำแนกข้อมูลที่ได้มาใช้ในการพัฒนาระบบพยากรณ์การพ้นสภาพของนักศึกษาต่อไป และผู้บริหารสามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการ หรืออาจารย์ที่ปรึกษาสามารถวางแผนการเรียน ดูแลการลงทะเบียนเรียนของนักศึกษา ให้ความช่วยเหลือ และส่งเสริมนักศึกษาได้อย่างเหมาะสม

ชนิดาภา บุญประสม และจรัญ แสนราช [7] ได้ทำงานวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์การทำนายการลาออกกลางคันของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ซึ่งการวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการลาออกกลางคันของนักศึกษาระดับปริญญาตรี 2) สังเคราะห์โมเดลสำหรับการทำนายการออกกลางคันของนักศึกษาระดับปริญญาตรี และ 3) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูลของโมเดลด้วยเทคนิควิธี Decision Tree, K-Nearest Neighbors, Naive Bayes โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลงานทะเบียนของมหาลัยวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ระหว่างปีการศึกษา 2558-2560 มีจำนวน 11 แอททริบิวต์และ 13,729 ชุดข้อมูล เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของแอตทริบิวต์ ด้วยวิธีการ Information Theory พบว่า 1) มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการลาออกกลางคันของนักศึกษาจำนวน 8 ปัจจัย 2) นำปัจจัยที่ได้มาทำการสร้างเป็นโมเดลทดสอบผลลัพธ์ด้วยวิธีการ 10-Fold Cross Validation และวัดประสิทธิภาพด้วย ค่า Accuracy เพื่อหาวิธีการที่มีความถูกต้องมากที่สุด 3) ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูลพบว่าโมเดลที่ สร้างด้วยเทคนิควิธี Naive Bayes มีประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าเฉลี่ยความถูกต้อง 93.58 % มากกว่าเทคนิควิธี Decision Tree มีค่าเฉลี่ยความถูกต้อง 93.52 % และเทคนิควิธี K-Nearest Neighbors มีค่าเฉลี่ยความถูกต้อง 87.95 % และมี ปัจจัยที่เกี่ยวข้องสูงสุด 5 อันดับ ได้แก่ การกู้ยืมกองทุนเพื่อการศึกษา สาขาวิชา เกรดเฉลี่ย อาชีพของมารดา และอาชีพ ของบิดา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาสถานการณ์การออกกลางคันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ผู้วิจัยได้นำข้อมูลของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคปกติ ปีการศึกษา 2559-2563 มาจัดกลุ่มเป็นนักศึกษาที่มีสถานะออกกลางคัน ได้แก่

นักศึกษาที่ลาออก และออกตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย และนักศึกษาที่มีสถานะอื่น ๆ จะอยู่ในกลุ่มสถานะคงอยู่ จากนั้นนำข้อมูลของนักศึกษาหมู่เรียน 59-62 มาสรุปเป็นร้อยละ เพื่อศึกษาสถานการณ์การออกกลางคัน และนำข้อมูลนักศึกษาหมู่เรียน 59-63 แบ่งกลุ่มข้อมูล Training :Testing ด้วยอัตราส่วน 70:30 เพื่อนำไปสร้างโมเดล

สำหรับการสร้างโมเดลในการทำนายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการออกกลางคันของนักศึกษาโดยใช้เทคนิคดาต้า ไมน์นิง และการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลที่พัฒนา ผู้วิจัยได้เสนอวิธีการทำดาต้า ไมน์นิง โดยใช้โปรแกรม WEKA โดยขั้นตอนการทำใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย CRISP-DM (CRoss Industry Standard Process for Data Mining) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. การทำความเข้าใจธุรกิจ (Business Understanding) เข้าใจปัญหาและทำการวิเคราะห์เหมืองข้อมูล โดยวางแผนเบื้องต้นสำหรับการดำเนินงานด้านเหมืองข้อมูล และระบุปัจจัยที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งปัจจัยที่ต้องการวิเคราะห์คือปัจจัยที่มีผลต่อการออกกลางคันของนักศึกษา โดยสร้างโมเดลเพื่อทำนายการออกกลางคันของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคปกติ ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลด้วยเทคนิควิธี Decision Tree ชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ เป็นชุดข้อมูลของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคปกติ ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตั้งแต่ปีการศึกษา 2559-2563

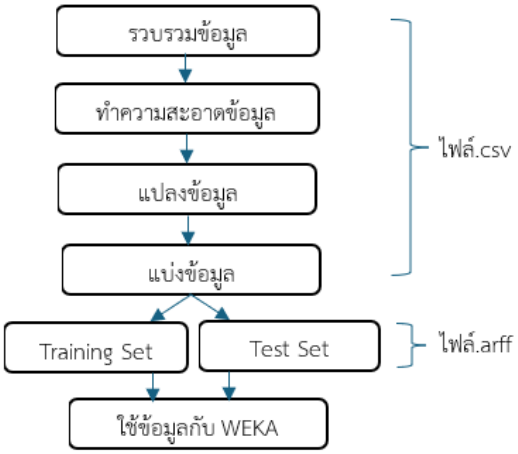
2. การทำความเข้าใจข้อมูล (Data Understanding) ทำการรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ของนักศึกษา ทั้งข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลด้านการศึกษาก่อนเข้าเรียนที่มหาวิทยาลัย และข้อมูลนักศึกษาขณะเรียนที่มหาวิทยาลัยจากฐานข้อมูลงานทะเบียนของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ซึ่งมี 18 แอตทริบิวต์ สำหรับการจำแนกประเภทเพื่อหาประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลและสร้างความสัมพันธ์ของแอตทริบิวต์

3. การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) เป็นการจัดการข้อมูลเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการวิเคราะห์และการสร้างโมเดลในการทำนายข้อมูล โดยข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมในรูปแบบของตาราง Excel โดย

3.1 การคัดเลือกข้อมูล (Data Selection) เลือกใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องโดยศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกกลางคัน [6-9] และสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนมีการจัดเก็บข้อมูล ประกอบด้วย 18 แอตทริบิวต์ 1) แอตทริบิวต์ที่เป็น Input 17 แอตทริบิวต์ ได้แก่ เพศของนักศึกษา อาชีพของบิดาและมารดา รายได้ของบิดาและมารดา เกรดเฉลี่ยก่อนเข้าศึกษาระดับอุดมศึกษา วุฒิการศึกษาที่เรียนจบก่อนเข้าศึกษาระดับอุดมศึกษา แผนการเรียนที่จบก่อนเข้าศึกษาระดับอุดมศึกษา สาขาวิชาที่เรียนในมหาวิทยาลัย เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชามนุษยศาสตร์ เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาสังคมศาสตร์ เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาแกน/เอกบังคับ/ครูบังคับ เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาเอกเลือก การกู้ยืมกยศ. ค่าเล่าเรียนและค่าครองชีพ 2) แอตทริบิวต์ที่เป็น Output 1 แอตทริบิวต์ คือ สถานะการออกกลางคันของนักศึกษา

3.2 การกลั่นกรองข้อมูล (Data cleaning) เป็นการปรับข้อมูลให้ถูกต้อง ซึ่งอยู่ในรูปแบบของตาราง Excel โดยตัดข้อมูลที่ผิดพลาด ข้อมูลผิดรูปแบบ ข้อมูลที่มีค่าว่าง ออก คงเหลือข้อมูลที่นำไปใช้ในการประมวลผล 2,418 รายการ

3.3 การแปลงรูปแบบของข้อมูล (Data transformation) ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มีรูปแบบในการจัดเก็บทั้งประเภท Nominal และ Numeric จึงต้องแปลงให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน เช่น เพศ (1) ชาย (2) หญิง รายได้ต่อปี แบ่งออกเป็นช่วง (11) รายได้ ≤ 80,000 บาท/ปี (12) รายได้ 80,001-100,000 บาท/ปี (13) รายได้ 100,001-120,000 บาท/ปี (14) รายได้ 120,001 - 130,000 บาท/ปี (15) รายได้ 130,001 - 149,999 บาท/ปี (20) รายได้ 150,000 - 300,000 บาท/ปี (30) รายได้ > 300,000 บาท/ปี เกรดเฉลี่ยรายวิชากลุ่มต่าง ๆ แบ่งออกเป็นช่วง (1) มีเกรดเฉลี่ย <1.00 (2) มีเกรดเฉลี่ย 1.00-1.49 (3) มีเกรดเฉลี่ย 1.50-1.99 (4) มีเกรดเฉลี่ย 2.00-2.49 (5) มีเกรดเฉลี่ย 2.50-2.99 (6) มีเกรดเฉลี่ย 3.00-3.49 (7) มีเกรดเฉลี่ย 3.50-3.99 (8) มีเกรดเฉลี่ย 4.00 การกู้ยืมกยศ. ค่าเล่าเรียนและกู้ยืมกยศ.ค่าครองชีพ (0) ไม่กู้ (1) กู้ เป็นต้น ในส่วนของการจัดกลุ่มสถานะการออกกลางคันของนักศึกษาจะจัดกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม คือ Y ออกกลางคัน และ N คงอยู่ และกำหนดเป็นคลาสเป้าหมาย



รูปที่ 2 การเตรียมข้อมูลก่อนทำ Data Mining ด้วย WEKA

4. การสร้างโมเดล (Modeling) การสร้างและทดสอบความถูกต้องของโมเดล ด้วยเทคนิคทาง Data Mining สังเคราะห์โมเดลจากข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อทำนายการออกกลางคันของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคปกติ ซึ่งผู้วิจัยใช้โปรแกรม Weka ในการสร้างโมเดลการทำนายด้วยวิธี Decision Tree, Naive Bays และ K-Nearest Neighbors

5. การประเมินผล (Evaluation) ทดสอบผลลัพธ์ด้วยวิธีการ 10-Fold cross validation ในการวัดประสิทธิภาพของการจำแนกประเภทข้อมูล ได้แก่ การหาค่าความระลึก (Recall) ค่าความถ่วงดุล (F-measure) ความแม่นยำ (Precision) และค่าความถูกต้อง (Accuracy)

6. การนำแบบจำลองไปใช้งาน (Deployment) นำโมเดลที่พัฒนาไปใช้ในการทำนายการออกกลางคันของนักศึกษาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหาการออกกลางคันของนักศึกษาต่อไป

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาสถานการณ์การออกกลางคันของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยใช้ข้อมูลของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคปกติ หมู่เรียน 59-62 นำมาสรุปเป็นร้อยละ มีผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ร้อยละการออกกลางคันของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคปกติ หมู่เรียน 59-62

หมู่เรียน	ร้อยละการออกกลางคัน
59	23.59
60	26.52
61	25.33
62	25.35

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่ามีการออกกลางคันของนักศึกษาอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราการออกกลางคันของนักศึกษาทุกหมู่เรียนใกล้เคียงกัน ซึ่งคิดเป็น 1 ใน 4 ของนักศึกษาของแต่ละหมู่เรียน

4.2 ผลการสร้างโมเดลในการทำนายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการออกกลางคันของนักศึกษาโดยใช้เทคนิคดาต้า ไมน์นิง

ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มข้อมูล Training :Testing ด้วยอัตราส่วน 70:30 และนำไปสร้างโมเดลโดยนำแอตทริบิวต์ 18 แอตทริบิวต์มาใช้ในการสร้างโมเดล โดยใช้เทคนิค Decision Tree ด้วยอัลกอริทึม C4.5 (J48) หลังจากสร้างโมเดล พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการออกกลางคันของนักศึกษามีทั้งหมด 10 ปัจจัย เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่

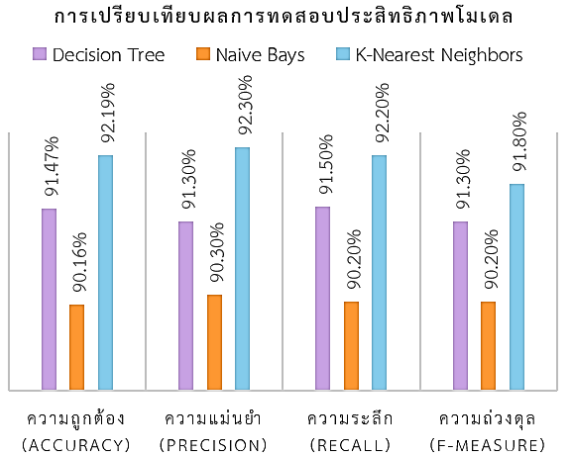
1) เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาแกน/เอกบังคับ/ครูบังคับ
2) เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร
3) เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาสังคมศาสตร์
4) เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชามนุษยศาสตร์
5) สาขาวิชาที่เรียนในมหาวิทยาลัย
6) เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์
7) เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาเอกเลือก
8) เกรดเฉลี่ยก่อนเข้าศึกษาระดับอุดมศึกษา
9) วุฒิการศึกษาที่เรียนจบก่อนเข้าศึกษาระดับอุดมศึกษา
10) แผนการเรียนที่จบก่อนเข้าศึกษาระดับอุดมศึกษา

จากนั้นจึงนำปัจจัย 10 ปัจจัยและชุดข้อมูลกลุ่ม Training มาสร้างเป็นโมเดลด้วยเทคนิควิธี Decision Tree, Naive Bays และ K-Nearest Neighbors

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพโมเดล สำหรับการทำนายการออกกลางคันของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ด้วยวิธีการ 10-Fold Cross Validation มีผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพโมเดล

เทคนิควิธีดาต้าไมน์นิง	ความถูกต้อง (Accuracy)	ความแม่นยำ (Precision)	ความระลึก (Recall)	ความถ่วงดุล (F-measure)
Decision Tree	91.47%	91.30%	91.50%	91.30%
Naive Bays	90.16%	90.30%	90.20%	90.20%
K-Nearest Neighbors	92.19%	92.30%	92.20%	91.80%



รูปที่ 3 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบการทดสอบประสิทธิภาพโมเดล

จากกราฟจะเห็นได้ว่าโมเดลที่สร้างด้วยเทคนิควิธี K-Nearest Neighbors มีประสิทธิภาพสูงสุด มีค่าความถูกต้องร้อยละ 92.19 เทคนิควิธี Decision Tree มีค่าความ

ถูกต้องร้อยละ 91.47 และเทคนิควิธี Naive Bays มีค่าความถูกต้องร้อยละ 90.16 ตามลำดับ

4.4 ผลการใช้ข้อมูลทดสอบกับโมเดล เมื่อนำโมเดลไปใช้กับข้อมูลทดสอบ พบว่า โมเดลที่สร้างด้วยเทคนิควิธี Naive Bays มีค่าความถูกต้องร้อยละ 94.20 เทคนิควิธี K-Nearest Neighbors มีค่าความถูกต้องร้อยละ 93.52 และเทคนิควิธี Decision Tree มีค่าความถูกต้องร้อยละ 92.84 ตามลำดับ

จากปัจจัยทั้งหมด ปัจจัยที่ทำให้นักศึกษาออกกลางคันสูงสุด 5 อันดับ ได้แก่ เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาแกน/เอกบังคับ/ครูบังคับ เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชาสังคมศาสตร์ เกรดเฉลี่ยกลุ่มวิชามนุษยศาสตร์ และสาขาวิชาที่เรียน

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สถานการณ์การออกกลางคันของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ของนักศึกษาหมู่เรียน 59-62 โดยรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลงานทะเบียนนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ทั้งข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลด้านการศึกษาก่อนเข้าเรียนที่มหาวิทยาลัย และข้อมูลนักศึกษาขณะเรียนที่มหาวิทยาลัย พบว่ามีการออกกลางคันอย่างต่อเนื่องและมีอัตราการออก 1 ใน 4 ของจำนวนนักศึกษาในแต่ละหมู่เรียน ส่งผลกระทบต่อการผลิตบัณฑิตที่จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาท้องถิ่นและพัฒนาประเทศ รวมถึงส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการของมหาวิทยาลัย

จากการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการออกกลางคันของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคปกติ โดยนำข้อมูลจำนวน 18 แอตทริบิวต์ มาสร้างโมเดลด้วยเทคนิค Decision Tree ภายใต้อัลกอริทึม C4.5 (J48) พบว่า มีเพียง input 10 ปัจจัย ที่มีนัยสำคัญต่อการพยากรณ์แนวโน้มการออกกลางคัน ขณะที่ 7 ปัจจัยที่เหลือไม่มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญเพียงพอ หรืออาจไม่มีอิทธิพลต่อกระบวนการจำแนกประเภทอย่างเด่นชัด ดังนั้น ในกระบวนการสร้างโมเดล Naive Bayes และ K-Nearest Neighbors (KNN) ได้มีการเลือกใช้เฉพาะ 10 ปัจจัยที่สำคัญที่สุด เพื่อลดความซับซ้อนของโมเดล และเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวปฏิบัติที่เป็นมาตรฐานในงานด้าน Data Mining และ Machine Learning ที่มุ่งเน้นการใช้ Feature Selection เพื่อลดปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้อง อันจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดลและลดความเสี่ยงของปัญหา Overfitting

ปัจจัยทั้ง 10 รายการ ที่ได้รับการคัดเลือก ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา ประกอบด้วยเกรดเฉลี่ยของกลุ่มรายวิชาต่าง ๆ สาขาวิชาที่ศึกษา เกรดเฉลี่ยก่อนเข้าศึกษาระดับอุดมศึกษา และวุฒิการศึกษาที่สำเร็จก่อนเข้าศึกษาระดับอุดมศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ชนิดาภา บุญประสม และจรัญ แสนราช ในส่วนของเกรดเฉลี่ย และสาขาวิชา แต่ไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ จีระนันต์ เจริญรัตน์ [6] และ ชนิดาภา บุญประสม และจรัญ แสนราช [7] ในส่วนของปัจจัยด้านรายได้ของบิดามารดา และการกู้ยืมเงินเพื่อการศึกษา ที่มีผลกระทบต่อการออกกลางคัน ทั้งนี้ความแตกต่างของผลการศึกษาอาจเกิดจากความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย โดยกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้อาจมีสถานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวและการสนับสนุนทางการเงินจากครอบครัวที่แตกต่างกัน อีกทั้งนักศึกษาที่กู้ยืมเงินเพื่อการศึกษา (กยศ.) ได้รับการอนุมัติทุกคนคิดเป็นร้อยละ 100 รวมทั้งนักศึกษายังได้รับมอบทุนการศึกษาผ่านมหาวิทยาลัยจากแหล่งอื่นอีกด้วย ส่งผลให้ปัจจัยด้านรายได้และการกู้ยืมเงินเพื่อการศึกษามีผลกระทบต่อการตัดสินใจลาออกจากมหาวิทยาลัยน้อยลง

เพื่อช่วยลดอัตราการออกกลางคันของนักศึกษา บทบาทของอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ประจำสาขาวิชาจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ควรมีการติดตามผลการเรียนของนักศึกษาอย่างใกล้ชิด เพื่อช่วยเหลือและให้คำแนะนำทางด้านวิชาการ โดยเฉพาะในกลุ่มรายวิชาที่นักศึกษามีแนวโน้มที่จะประสบปัญหาในการเรียนสูง นอกจากนี้มหาวิทยาลัยสามารถนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้ในการวางแผนการสนับสนุนทางวิชาการ เช่น โครงการติวเสริม การให้คำปรึกษาทางการศึกษา หรือโปรแกรมช่วยเหลือนักศึกษาที่มีผลการเรียนต่ำ เพื่อเพิ่มโอกาสในการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษา

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งอ้างอิงจากฐานข้อมูลของสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนของมหาวิทยาลัยเป็นหลัก จึงอาจยังไม่ได้ครอบคลุม ปัจจัยด้านพฤติกรรมทางสังคม ความเครียด แรงกดดันทางจิตวิทยา หรือปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมของนักศึกษา ซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจลาออกจากมหาวิทยาลัยในบางกรณี ดังนั้น งานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาใช้วิธีการเก็บข้อมูลที่ครอบคลุมมากขึ้น เช่น การใช้แบบสอบถามหรือการสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อนำปัจจัยทางด้านจิตวิทยาและสังคมเข้ามาร่วมวิเคราะห์ เพื่อให้สามารถระบุสาเหตุของการออกกลางคันได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลที่สร้างด้วยเทคนิควิธี Decision Tree, Naive Bays และ K-Nearest Neighbors ด้วยวิธีการ 10-Fold Cross Validation พบว่า โมเดลที่สร้างจากชุดข้อมูล Training ด้วยวิธี K-Nearest

Neighbors มีประสิทธิภาพสูงสุด มีค่าความถูกต้องร้อยละ 92.19 มากกว่า Decision Tree และ Naive Bays แต่เมื่อนำโมเดลไปใช้กับชุดข้อมูลทดสอบกลับพบว่า โมเดลที่สร้างด้วยวิธี Naive Bays มีประสิทธิภาพสูงสุด มีค่าความถูกต้องร้อยละ 94.20 มากกว่า Naive Bays และ Decision Tree ที่ผลลัพธ์เป็นเช่นนี้ อาจจะเกิดจาก Overfitting โมเดล Decision Tree อาจมีความซับซ้อนเกินไป จึงสามารถจำรูปแบบของข้อมูลฝึกสอนได้ดีมาก แต่เมื่อนำไปใช้กับข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อน กลับไม่สามารถทำนายได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากโมเดลจับความผิดพลาด (noise) ในข้อมูลฝึกสอนไปด้วย หรือ Underfitting โมเดล Naive Bayes อาจมีความซับซ้อนน้อยเกินไป จึงไม่สามารถจับรูปแบบของข้อมูลได้อย่างละเอียดพอ เมื่อนำไปใช้กับข้อมูลฝึกสอน จึงให้ผลลัพธ์ที่ไม่ดีนัก แต่เมื่อนำไปใช้กับข้อมูลทดสอบ ซึ่งอาจมีรูปแบบที่เรียบง่ายกว่า กลับให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น หรือ ความแตกต่างของข้อมูล ข้อมูลฝึกสอนและข้อมูลทดสอบอาจมีความแตกต่างกันในบางแง่มุม เช่น การกระจายของข้อมูล ความสมดุลของคลาส ทำให้โมเดลที่ทำงานได้ดีกับข้อมูลฝึกสอน อาจไม่ทำงานได้ดีกับข้อมูลทดสอบ ดังนั้นการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของโมเดลต่างๆ จะช่วยให้เข้าใจถึงข้อดีข้อเสียของแต่ละโมเดล และสามารถเลือกโมเดลที่เหมาะสมกับปัญหาได้มากที่สุด ซึ่งการเลือกโมเดลที่ดีที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ลักษณะของข้อมูล เป้าหมายของการทำนาย และข้อจำกัดด้านทรัพยากร อย่างไรก็ตาม สามารถนำโมเดลนี้ไปใช้ในการทำนายการออกกลางคันของนักศึกษาต่อไปได้

6. ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการปรับปรุงโมเดล Decision Tree, Naive Bayes, และ K-Nearest Neighbors (KNN) เพื่อลดปัญหาการ Overfitting หรือ Underfitting เพื่อเพิ่มความแม่นยำ

2. ควรใช้เทคนิคดาต้า ไมน์นิงอื่นๆ เพิ่มเติม จากนั้นเปรียบเทียบค่าความถูกต้อง (accuracy) ซึ่งจะช่วยให้ได้ภาพรวมที่ดีขึ้นเกี่ยวกับประสิทธิภาพของโมเดลและสามารถเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด

3. ควรนำปัจจัยด้านพฤติกรรมทางสังคม ความเครียด แรงกดดันทางจิตวิทยา หรือปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมของนักศึกษา รวมถึงสถานการณ์ต่าง ๆ ในปัจจุบัน เข้ามาร่วมวิเคราะห์ เพื่อให้สามารถระบุสาเหตุของการออกกลางคันได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนที่ให้ข้อมูลที่นำมาใช้ในการทำวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Kamphaeng Phet Rajabhat University. Roles and duties of Kamphaeng Phet Rajabhat University. [Online]. [Cited November 21, 2019]. Available: https://www.kpru.ac.th/about-kpru/kpru-mission.php (in Thai).

[2] E. Pacharawongsakda. *An Introduction to Data Mining Techniques*. Bangkok: Asia Digital Co. Ltd. ,2014 (in Thai).

[3] M. Frye, D. Gyulai, J. Bergmann, and R. Schmitt, “Adaptive scheduling through machine learning-based process parameter prediction,” *MM Journal, Special Issue on HSM2019.*pp.3060-3066, Dec.2020.

[4] J. Han, M. Kamber, and J. Pei. *Data Mining: Concepts and Techniques*. (3rd Edition). San Francisco: Morgan Kaufmann, 2011.

[5] J. R. Quinlan. *Induction of Decision Trees. Machine Learning*, 1986.

[6] J. Chareonrat. “Analysis on factors affecting normal-grade student dismissal using decision tree,” *SNRU Journal of Science and Technology*, vol. 8, no.2, pp. 256-267.May.-Aug. 2016 (in Thai).

[7] C. Boonprasom and C. Sanrach. “Predictive Analytic for Student Dropout in Undergraduate using Data Mining Technique, *Technical Education Journal : King Mongkut’s University of Technology North Bangkok*, vol. 9, no. 1, pp. 142-151, Jan.-Apr. 2018 (in Thai).

[8] P. Laopilai and C. Sanrach. “Analysis for Student Dropout in Undergraduate Using Data Mining Technique,” *The Sci J of PhetchaburiRajabhat University*,vol.16, no.2,pp. 61-71,Jul.- Dec. 2019 (in Thai).

[9] A. Paphat, W. Sriurai, and N. Ditcharoen. “Improved University Student Dropout Prediction Using Feature Selection with Multilayer Perceptron Neural Network,” *Journal of Science and Science Education*, vol. 5, no. 1, pp.39-48, Jan.-Jun. 2022 (in Thai).

การพัฒนาระบบไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณยานพาหนะควบคุมด้วยพีแอลซี

Development of an automatic traffic light control system based on the number of vehicles from PLC control

ศุภวัฒน์ ลาวัณย์วิสุทธิ์[1]และ ชัยยศ คำมี[2*]
Supawat Lawanwisut[1]and Chaiyos Commee[2*]

[1]สาขาวิชาวิชาวิศวกรรมการสื่อสารและสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
[2]สาขาวิชาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
[1] Communication and Information Engineering Faculty of Industrial Technology ThepsatriRajabhat University
[2] Electrical and Electronic Engineering Faculty of Industrial Technology Loei Rajabhat University University
*Email: chaiyos3249@gmail.com
Received: February 21, 2025; Revised: March 27, 2025; Accepted: April 23, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบสมรรถนะของการพัฒนาระบบควบคุมไฟจราจรอัตโนมัติเพื่อลดปัญหาการแออัดของยานพาหนะบริเวณทางแยกควบคุมด้วยพีแอลซี มีโครงสร้างการทำงานควบคุมด้วยพีแอลซีด้วยการรับค่าอินพุตจากเซ็นเซอร์และเคาท์เตอร์ทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม GX Work3 แล้วส่งค่าเอาท์พุตขับหลอดสัญญาณไฟจราจร การดำเนินการสร้างและทดสอบสมรรถนะเพื่อหาความเหมาะสมของระบบควบคุมไฟจราจรอัตโนมัติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้เชี่ยวชาญ 25 ท่าน ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับความเหมาะสมของการใช้งาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือระบบควบคุมไฟจราจรอัตโนมัติที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบการใช้งานจริง วิธีดำเนินการวิจัยหลังจากการสร้างเครื่องมือในงานวิจัย มีการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ โดยการสาธิตการทำงานเป็นเวลา 90 นาที เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่าระบบควบคุมไฟจราจรอัตโนมัติมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริงในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.55) นอกจากนี้ยังสามารถนำระบบควบคุมไฟจราจรอัตโนมัติมาใช้ในการเป็นสื่อการเรียนการสอนในรายวิชาโปรแกรมเมเบิ้ลคอนโทรลเลอร์และวิชาวิศวกรรมควบคุมได้ ส่วนข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญคือเป็นนวัตกรรมด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่ดี และควรพัฒนาเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ : ระบบควบคุมไฟจราจร, โปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรลเลอร์ (พีแอลซี)

Abstract

This study aims to construct and measure the performance of the development of automatic traffic light control systems to reduce vehicle congestion problems at intersections Controlled by Programmable Logic Control (PLC), The machine has a PLC control structure by receiving the input value from the sensor and counter, processing it with the GX Work3 program and sending the output value to drive the traffic light lamp. Conducting performance building and testing to find suitability. The participants of the study were 25 experts in engineering. For the suitability, the participants would see its 90 minute of demonstration performance and measure its suitability. The data was analyzed using statistical method to see the suitability's mean scores and standard deviation. The results revealed that the counting machine had high suitability ($\bar{X}$ = 4.55) which meant it can be practically used. In addition, automatic traffic control systems can be used as an instructional material in the program Mabel course. Controller and control engineering subjects in electrical engineering courses In addition, automatic traffic control systems can be used as an

instructional material in the programable Logic Controller and control engineering subjects in electrical engineering courses. Moreover, the experts suggested that it was the outstanding development of engineering skill, and it should be further developed to be the model for commerce.

Keywords: traffic light control systems, Programable Logic Controller (PLC)

1.บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาราคาและการใช้พลังงานเชื้อเพลิงสำหรับการคมนาคมขนส่งมีปริมาณสูงมาก และมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากปัจจัยหลักที่สำคัญคือการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในประเทศไทย ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของโลกและพฤติกรรมความต้องการเดินทางของคนไทยเปลี่ยนไป ส่งผลให้ปัจจัยในการดำรงชีวิตของมนุษย์เปลี่ยนแปลงอย่างมาก ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนรถยนต์ในประเทศไทยจากข้อมูลการจดทะเบียนรถยนต์ของกรมการขนส่งทางบก 1 ม.ค.2559 พบว่ามีจำนวนรถยนต์ 36,731,023 คัน ในขณะเดียวกันข้อมูลเมื่อวันที่ 31 พ.ค.2560 พบว่า มีจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนทั้งสิ้น 37,723,254 คัน เพิ่มขึ้น 992,231 คัน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการผลิตรถยนต์ในประเทศไทยในปี 2559 มีทั้งสิ้น 1,944,417 คัน จากข้อมูลดังกล่าวทำให้เกิดปัญหาของสภาพจราจรที่หนาแน่นและติดขัดจึงส่งผลให้ก่อเกิดปัญหาอื่นๆ ตามมาอีกมากมาย เช่น การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ความแออัดของจราจรก่อให้เกิดความล่าช้าในการเดินทาง การเกิดมลพิษทางอากาศ ปัญหาคุณภาพชีวิตลดลง เป็นต้น สอดคล้องกับ [1] ได้ศึกษา เรื่องการศึกษาปัญหาจราจรติดขัดบนทางหลวงสายหลักในช่วงเทศกาลเพื่อศึกษาปัญหาและปัจจัยที่มีผลต่อการจราจรที่ติดขัดช่วงเทศกาลจากจังหวัดนครราชสีมาถึงจังหวัดขอนแก่น รวมถึง [2] ได้ศึกษาเรื่องการแก้ปัญหาจราจรภาคตะวันออกโดยใช้สื่อประชาสัมพันธ์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการจราจรที่ติดขัดในภาคตะวันออก ในขณะที่ผู้รับผิดชอบหลายฝ่ายพยายามแก้ปัญหาดังกล่าวหลายวิธี เช่น การเพิ่มพื้นที่จราจร การบังคับใช้กฎหมายควบคุมที่เข้มงวดยิ่งขึ้นจะเห็นว่าการแก้ปัญหาไม่สามารถทำได้เนื่องจากติดข้อจำกัดของพื้นที่ที่มีจำนวนจำกัดและจำนวนรถกับปริมาณคนใช้รถมากขึ้น ทำให้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ รวมถึงไม่สามารถบังคับใช้กฎหมายทางจราจรที่มีประสิทธิภาพได้ในขณะที่ผู้รับผิดชอบหลายฝ่ายพยายามแก้ปัญหาดังกล่าวหลายวิธี ดังนั้นจึงมีความพยายามในการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการจัดการกับระบบจราจรมาทดแทนการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบดั้งเดิม คือ ระบบการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบตั้งเวลาคงที่ (Fixed Time Control) คือ ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ถูกกำหนดระยะเวลาของสัญญาณไฟในแต่ละทิศทางเอาไว้แน่นอน ข้อดี คือ เป็นระบบที่ใช้ง่าย แต่ก็มีข้อด้อย คือ ไม่สามารถปรับเปลี่ยนเวลาตามสภาพการจราจรที่แท้จริง ที่เปลี่ยนแปลงตามสภาพจริง จึงทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาข้างต้น เช่น [3] ได้เสนอวิธีการออกแบบสัญญาณไฟจราจรที่สามารถทำงานได้ดีทั้ง ในกรณีที่สภาพจราจรต่ำกว่าและสูงกว่าระดับสภาพจราจรอิ่มตัวโดยหลักการใหม่ที่ใช้จะพยายามป้องกันไม่ให้รถจอด ติดสัญญาณไฟแดงจนกระทั่ง เกิดแถวคอยที่ยาวจนล้นไปถึงแยกที่อยู่ติดกันเช่นเดียวกับ [4] ทำการศึกษาและพัฒนาวิธีการควบคุมสัญญาณไฟจราจรภายใต้สภาพจราจรอิ่มตัว โดยทำการประเมินและเปรียบเทียบวิธีการหลาย ๆ วิธีทั้งแบบการควบคุมแบบคงที่ การควบคุมแบบตอบสนองและการควบคุมแบบปรับเปลี่ยนในหลายรูปแบบ ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ในกรณีโครงข่ายของ ถนนซึ่งได้เกิดปัญหาการล้นข้ามทางแยกเข้ามาพิจารณาด้วย ผลการศึกษาพบว่า วิธีควบคุมที่มีการปรับเปลี่ยนตามปริมาณจราจรจะให้ผลที่ดีกว่าวิธีควบคุมแบบคงที่นอกจากนั้นประสิทธิภาพยังขึ้นอยู่กับการกำหนดวิธีในการ จัดสรรระยะเวลาไฟเขียวด้วย [5] ทำการศึกษาผลของการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบกระตุ้นที่บริเวณทาง แยกเดี่ยวแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่นโดยที่ผู้ทีกล่าวมาทั้งหมดนี้ล้วนต้องการแก้ปัญหาการจราจรในเมืองไทยเพื่อลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่มากมายมหาศาลในขณะที่ประเทศไทยเป็นประเทศนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงนอกจากนี้การจราจรที่ติดขัดยังส่งผลเสียในด้านประสิทธิภาพการขนส่งสินค้าอีกด้วย จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาระบบการควบคุมไฟจราจรที่สามารถปรับเปลี่ยนเวลาตามสภาพจริงของการจราจรในขณะนั้น จึงได้พัฒนาระบบควบคุมไฟจราจรอัตโนมัติเพื่อลดปัญหาการแออัดของยานพาหนะบริเวณทางแยกควบคุมด้วยพีแอลซี ขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางอีกทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว สอดล้องกับ [6] ทำการศึกษาผลของการประยุกต์ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรแบบ อัจฉริยะบริเวณช่วงหนึ่งของถนนมิตรภาพโดยเริ่มตั้งแต่บริเวณแยกขอนแก่นไปจนกระทั่งถึงทางแยกหน้าห้าง Tesco lotus รวมถึง [7] ทำการศึกษาวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกบน ถนนกาญจนวนิช ตั้งแต่ทางแยกสถานีขนส่งถึงทางแยกคอหงส์

ซึ่งการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหา การจราจร และเพื่อวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกบนถนนกาญจนวนิช [8] กล่าวถึงปัญหาความแออัดบริเวณทางแยกของถนน พัฒนาโปรแกรมจำลองการจราจรของเราเพื่อจำลองสถานการณ์การจราจรต่างๆ อย่างเหมาะสม ซึ่งเกี่ยวข้องกับสถานการณ์การจราจรในโลกแห่งความเป็นจริงอย่างใกล้ชิด การเพิ่มประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลตามเวลาจริงแบบปรับได้เป็นกุญแจสำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่โดยทำให้ระบบควบคุมการรับส่งข้อมูลสามารถเรียนรู้ ปรับเปลี่ยน และพัฒนาตามสภาพแวดล้อมที่สัมผัสได้ สุดท้ายนี้ ได้มีนักวิจัย [9] ได้กล่าวถึงการจราจรติดขัดทำให้เกิดปัญหาและความท้าทายที่สำคัญมากมายในเมืองส่วนใหญ่ของประเทศสมัยใหม่ สำหรับผู้เดินทางหรือนักเดินทาง

จากข้อความข้างบนจะเห็นได้ว่า งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งประเด็นเพื่อแก้ปัญหาการจราจรที่ติดขัดเนื่องมาจากปริมาณรถยนต์ที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาต่าง ๆ กัน การศึกษาการควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจรด้วย Programmable Logic controller (PLC) โดยการใช้การตรวจจับจำนวนยานพาหนะบริเวณสี่แยกบนทางหลวงสายหลักที่มีปริมาณจราจร ไม่สม่ำเสมอแล้วให้เครื่องควบคุมฯที่สร้างขึ้นควบคุมไฟจราจรให้ปรับเปลี่ยนเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรเป็นแบบอัตโนมัติตามสภาพจราจรที่เป็นจริงทั้งสภาพแออัดและเบาบางสำหรับการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากนั้นทำการศึกษาการควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจรด้วย PLC โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับจำนวนยานพาหนะรวมถึงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยมุ่งเน้นในประเด็นของการลดความล่าช้าบริเวณทางแยกและระยะเวลาในการเดินทาง เพื่อให้การจัดระบบสัญญาณไฟจราจรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาการควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจรด้วย PLC โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับจำนวนยานพาหนะด้วยโมเดลจำลอง

2.2 เพื่อสร้างต้นแบบเครื่องควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจรด้วย PLC โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับจำนวนยานพาหนะด้วยโมเดลจำลอง เพื่อนำมาใช้ควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจรตามปริมาณรถ

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 โมเดลจำลองนี้ตรวจนับยานพาหนะด้วย Photoelectric Sensor

3.2 ใช้ PLC ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น FX5U-32M และโปรแกรม GX Work3

3.3 สามารถใช้ได้ทั้งโปรแกรมภาษา Ladder instruction List และ SFC ในการเขียนได้

3.4 ใช้เป็นโมเดลจำลองสัญญาณไฟจราจรเท่านั้น

3.5 โมเดลจำลองนี้สามารถเลือกโหมดการทำงานของสัญญาณไฟจราจรได้ 3 แบบคือ 1. แบบไฟเหลืองกระพริบตลอดเวลา 2.แบบกำหนดเวลาคงที่และ3.ควบคุมตามปริมาณรถยนต์

3.6 โมเดลจำลองนี้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมสัญญาณไฟจราจรหลากหลายตามรูปแบบที่ต้องการ

3.7 โมเดลจำลองนี้ใช้เลนถนน 2 เลน

3.8 โมเดลจำลองนี้กำหนดตัวอย่างการนับจำนวนยานพาหนะที่น้อยกว่า 8 คัน(ปริมาณรถน้อย) น้อยกว่า17 คัน(ปริมาณรถปานกลาง)มากกว่า 17 คัน (ปริมาณรถมาก) โดยที่จำนวนตัวเลขสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมจากการใช้งานจริง

4. ประโยชน์ที่จะได้รับ

4.1 ได้การพัฒนาระบบควบคุมไฟจราจรอัตโนมัติเพื่อลดปัญหาการแออัดของยานพาหนะบริเวณทางแยกควบคุมด้วยพีแอลซีที่สามารถใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 ได้แนวทางและข้อเสนอแนะให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำไปใช้ในการปรับปรุงระบบ สัญญาณไฟจราจรบริเวณสี่แยกที่สามารถลดความล่าช้าและระยะเวลาการเดินทางได้อย่างเหมาะสม

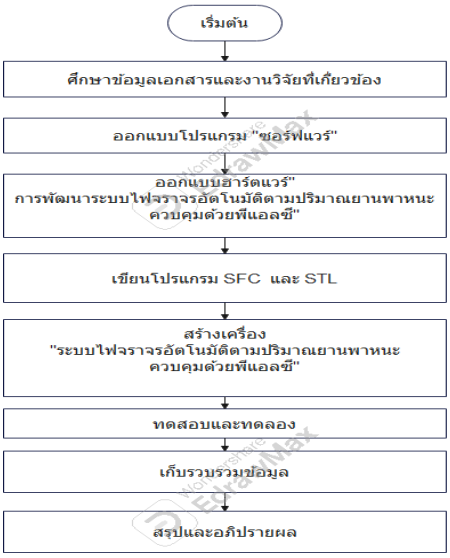
4.3 ได้แนวทางการบริหารจัดการจราจร เพื่อรองรับปริมาณจราจรที่เปลี่ยนไปในอนาคต

4.4 ได้สื่อการเรียนการสอนในหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

5. วิธีการศึกษาวิจัย

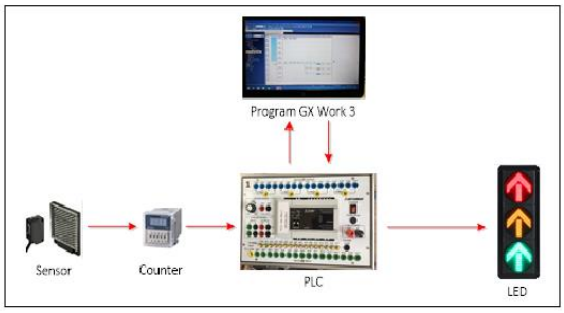
5.1 การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามวิธีการและลำดับขั้นตอนดังนี้

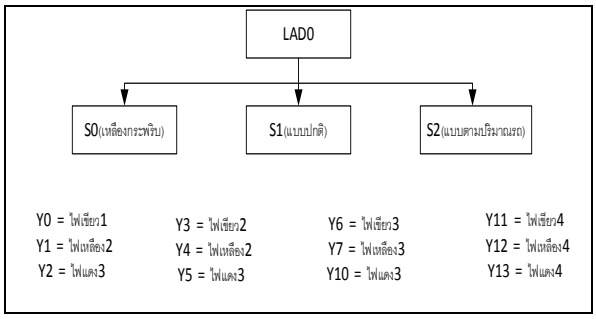


รูปที่ 1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

5.2 แผนภาพบล็อกการทำงานของระบบควบคุมไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณยานพาหนะควบคุมด้วยพีแอลซี

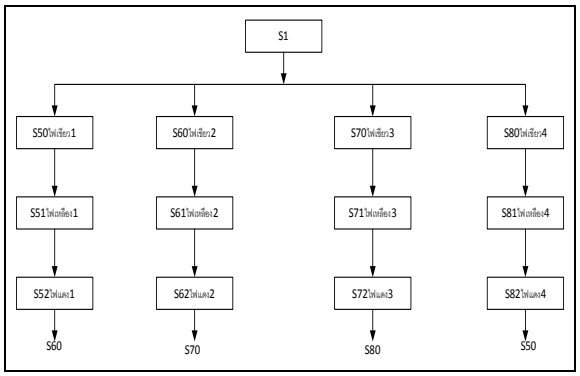


รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบควบคุมไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณยานพาหนะควบคุมด้วยพีแอลซี



รูปที่ 3 โหมดการทำงานของชุดจำลองการควบคุมสัญญาณไฟจราจร

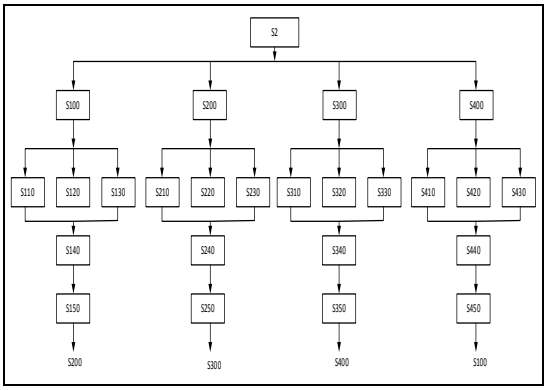
จากรูปที่ 3 แสดงโหมดการทำงานของชุดจำลองการควบคุมสัญญาณไฟจราจรโดยแบ่งเป็น 3 โหมดการทำงาน คือ 1.แบบไฟเหลืองกระพริบตลอดเวลา 2. แบบควบคุมสัญญาณไฟแบบปกติ (เวลาคงที่) และ 3.แบบควบคุมสัญญาณไฟแบบตามปริมาณรถยนต์



รูปที่ 4 แสดงโหมดการทำงานของชุดจำลองไฟจราจรแบบ Fig Time

จากรูปที่ 4 แสดงโหมดการทำงานของชุดจำลองไฟจราจรแบบ Fig Time ของชุดจำลองไฟจราจร โดยโหมด S1 เป็นโหมดเริ่มต้น และมีเสตดการทำงานดังนี้

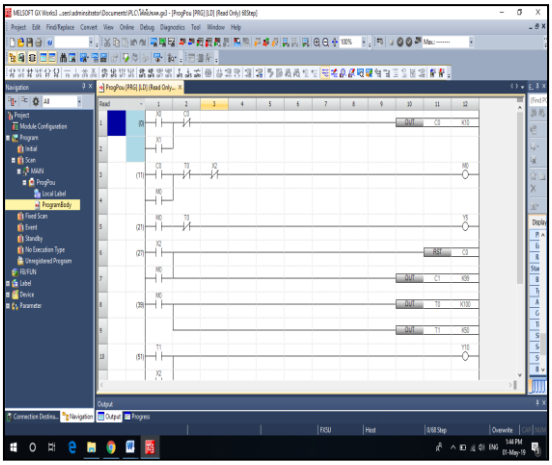
S50 S51และ S52 เป็นชุดไฟจราจรด้านที่ 1
S60 S61และ S62 เป็นชุดไฟจราจรด้านที่ 2
S70 S71และ S72 เป็นชุดไฟจราจรด้านที่ 3
S80 S81และ S82 เป็นชุดไฟจราจรด้านที่ 4



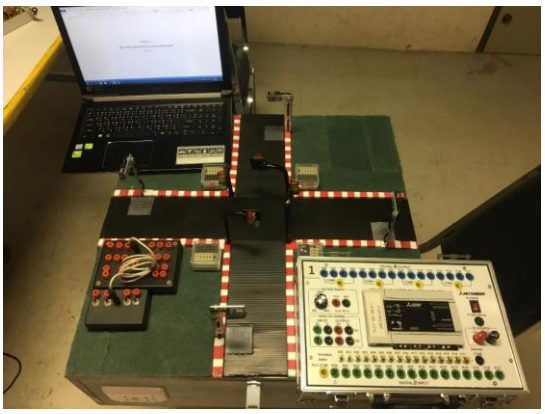
รูปที่ 5 แสดงโหมดการทำงานของชุดจำลองไฟจราจรแบบตามปริมาณรถยนต์

จากรูปที่ 5 แสดงโหมดการทำงานของชุดจำลองไฟจราจรแบบ ตามปริมาณรถยนต์ ของชุดจำลองไฟจราจร โดยโหมด S2 เป็นโหมดเริ่มต้น และมีเสตดการทำงานดังนี้

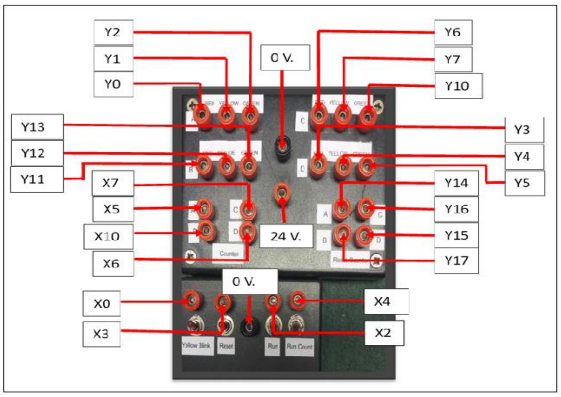
S100 เป็นชุดไฟจราจรด้านที่ 1
S200 เป็นชุดไฟจราจรด้านที่ 2
S300 เป็นชุดไฟจราจรด้านที่ 3
S400 เป็นชุดไฟจราจรด้านที่ 4



รูปที่ 6 แสดงโปรแกรมสเตปแลดเดอร์ของชุดจำลองไฟจราจรแบบตามปริมาณรถยนต์



รูปที่ 7 แสดงชุดจำลองไฟจราจรแบบ ตามปริมาณรถยนต์



รูปที่ 8 แสดงกล่องเชื่อมต่ออุปกรณ์

6. ผลการทดลองและการอภิปรายผลการวิจัย

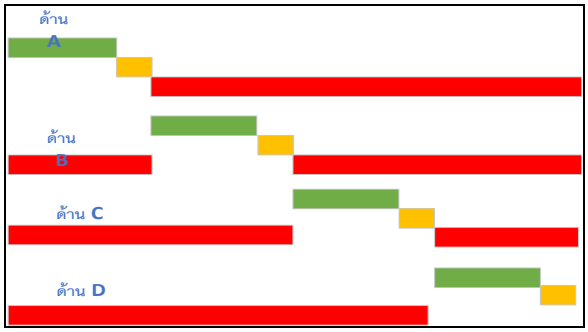
6.1 ทดลองการทำงานสัญญาณไฟจราจรแบบ เวลาคงที่ (Fix Time)

ตารางที่ 1 ทดลองการทำงานสัญญาณไฟจราจรแบบเวลาคงที่ (Fix Time)

ทดลองครั้งที่	รอบของแต่ละฝั่ง	สัญญาณไฟ	สัญญาณไฟจราจรแต่ละฝั่ง				ตรงตามที่กำหนดไว้	
			A	B	C	D	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
1	ฝั่ง A	แดง	Off	19 วินาที	36 วินาที	55 วินาที	√	
		เหลือง	2 วินาที	Off	Off	Off	√	
		เขียว	17 วินาที	Off	Off	Off	√	
	ฝั่ง B	แดง	55 วินาที	Off	19 วินาที	36 วินาที	√	
		เหลือง	Off	2 วินาที	Off	Off	√	
		เขียว	Off	17 วินาที	Off	Off	√	
	ฝั่ง C	แดง	36 วินาที	55 วินาที	Off	19 วินาที	√	
		เหลือง	Off	Off	2 วินาที	Off	√	
		เขียว	Off	Off	17 วินาที	Off	√	
	ฝั่ง D	แดง	19 วินาที	36 วินาที	55 วินาที	Off	√	
		เหลือง	Off	Off	Off	2 วินาที	√	
		เขียว	Off	Off	Off	17 วินาที	√	

หมายเหตุ: สัญญาณไฟจราจรด้าน A หมายถึงด้านทิศตะวันออก,ด้าน B หมายถึงด้านทิศใต้,ด้าน C หมายถึงด้านทิศตะวันตก,ด้าน D หมายถึงด้านทิศเหนือ

จากตารางที่ 1 แสดงการทดลองการทำงานของทดลองการทำงานสัญญาณไฟจราจรแบบเวลาคงที่ (Fix Time)โดยทดลอง 5 ครั้งโดยผลการทดลองถูกต้องคิดเป็น 100 %



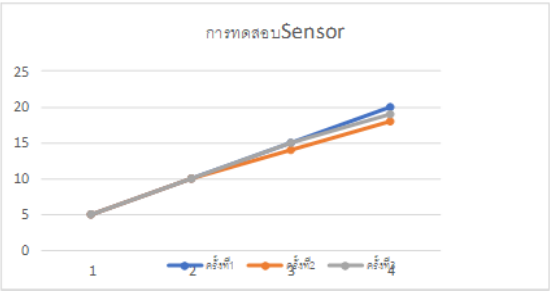
รูปที่ 9 แสดงช่วงเวลาการทำงานของไฟจราจรแบบฟิกส์ไทม์

6.2 ทดลองการนับ Counter ด้วย Sensor เพื่อเช็คความเสถียรกับโปรแกรม PLC

ตารางที่ 2 ทดลองการนับ Counter ด้วย Sensor เพื่อตรวจสอบความเสถียรกับ PLC

ทดลองครั้งที่	Sensorนับ	PLC นับจำนวน				ความถูกต้อง %
	จำนวน	5	10	15	20	
ครั้งที่ 1	5 ครั้ง	5	-	-	-	100%
	10 ครั้ง	-	10	-	-	100%
ตัวที่ 1	15 ครั้ง	-	-	15	-	100%
	20 ครั้ง	-	-	-	20	100%
รั้งที่ 2	5	5	-	-	-	100%
	10	-	10	-	-	100%
ตัวที่ 2	15	-	-	15	-	100%
	20	-	-	-	20	100%
ครั้งที่ 3	5	5	-	-	-	100%
	10	-	10	-	-	100%
ตัวที่ 3	15	-	-	15	-	100%
	20	-	-	-	18	90%
ครั้งที่ 4	5	5	-	-	-	100%
	10	-	10	-	-	100%
ตัวที่ 4	15	-	-	15	-	100%
	20		-		20	100%
ร้อยละความถูกต้อง(%)						99.37 %

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าการทดลองการนับ Counter ด้วย Sensor เพื่อตรวจสอบความเสถียรกับ PLC โดยมีผลการทดลองที่ถูกต้องคิดเป็น 99.37 %



รูปที่ 10 การทดสอบเซ็นเซอร์

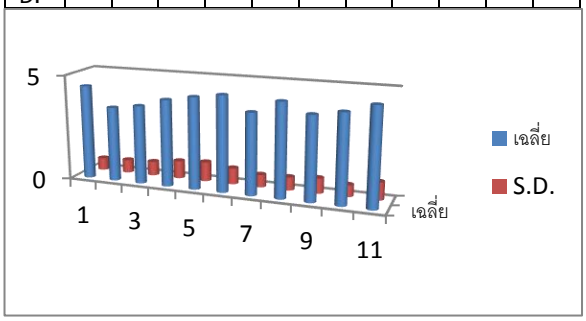
6.3 ทดลองการทำงานทำงานสัญญาณไฟจราจรแบบตามปริมาณพาหนะ น้อย ปานกลาง มาก

ตารางที่ 3 ทดลองการทำงานทำงานสัญญาณไฟจราจรแบบตามปริมาณพาหนะ X=ยานพาหนะ

ทดลองครั้งที่	จำนวนการนับยานพาหนะ(X)	เวลาไฟเขียว			ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	เวลาไฟแดง		
		น้อย	ปานกลาง	มาก			น้อย	ปานกลาง	มาก
		17 s.	37 s.	47 s.			(B),(C),(D) 19,36,55 s.	(B),(C),(D) 39,76,115 s.	(B),(C),(D) 49,96,145 s.
1 ชั้น A	X < 7	√	-	-	√		√	-	-
	X >= 7	-	√	-	√		-	√	-
	X >= 15	-	-	√	√		-	-	√
2 ชั้น B	X <7	√	-	-	√		√	-	-
	X >= 7	-	√	-	√		-	√	-
	X >= 15	-	-	√	√		-	-	√
3 ชั้น C	X <7	√	-	-	√		√	-	-
	X >= 7	-	√	-	√		-	√	-
	X >= 15	-	-	√	√		-	-	√

6.4 ผลการวิเคราะห์ ข้อมูล จากความเหมาะสมของชุดควบคุมไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณยานพาหนะด้วย PLC รูปที่ 11

เฉลี่ย	4.45	3.52	3.70	4.09	4.32	4.51	3.83	4.42	3.95	4.17	4.58
S.D.	0.58	0.62	0.67	0.84	0.92	0.76	0.59	0.62	0.72	0.55	0.84



รูปที่ 11 ความเหมาะสมของชุดควบคุมไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณยานพาหนะด้วย PLC

1. ความเหมาะสมของการออกแบบชุดควบคุมฯ
2. วัสดุที่ใช้ในการผลิตมีอยู่ทั่วไปหาได้ง่าย
3. ความแข็งแรง ทนทาน ของชิ้นส่วนอุปกรณ์
4. ความเหมาะสมในการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ
5. ความเหมาะสมของขนาดชุดควบคุมไฟจราจรฯ
6. ความปลอดภัยในการใช้งาน
7. ความสะดวกในการติดตั้งและการใช้งาน
8. ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเก็บรักษา
9. ความเหมาะสมในการเป็นต้นแบบเพื่อพัฒนาต่อยอด
10. ความสมบูรณ์ของชุดควบคุมฯ

7. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการสร้างชุดควบคุมระบบไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณรถยนต์ครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดควบคุมระบบไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณรถยนต์และหาความเหมาะสมของชุดควบคุมระบบไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณรถยนต์โดยที่ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการในการทำงานด้านวิศวกรรม จำนวน 20 ท่านที่ใช้ในการตอบแบบสอบถามความเหมาะสมของการใช้งานของชุดควบคุมระบบไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณรถยนต์สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ ชุดควบคุมระบบไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณรถยนต์ที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบการใช้งานจริงในการจำลองการทำงาน พร้อมด้วยแบบสอบถามความเหมาะสมของชุดควบคุมระบบไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณรถยนต์ สำหรับวิธีดำเนินการวิจัยหลังจากที่วิจัยสร้างชุดควบคุมระบบไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณรถยนต์เสร็จสมบูรณ์แล้วผู้วิจัยได้ทำการเชิญผู้เชี่ยวชาญมาประเมินความเหมาะสมของชุดควบคุมระบบไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณรถยนต์ โดยการสาธิตการทำงาน และให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมและเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อประเมินความเหมาะสม โดยใช้วิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

8. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลองการทำงานของระบบควบคุมไฟจราจรอัตโนมัติตามปริมาณยานพาหนะด้วย PLC พบว่าการทำงานของไฟกระพริบนั้นทำงานตรงตามที่กำหนด และการทดลองของสัญญาณไฟจราจรที่ไม่ใช้ Sensor นั้นก็ทำงานตรงตามที่กำหนด ส่วนการทดลองของสัญญาณไฟจราจรที่ใช้ Sensor และ Counter มีค่าคลาดเคลื่อนเล็กน้อยแต่ก็ถือว่ามีการทำงานได้ดี จากการทดลองสรุปได้ว่าการทำงานของแต่ละแบบเป็นที่น่าพอใจ อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้

1. จากการทดลองการกระพริบของหลอดไฟ LED เฉพาะไฟเหลืองนั้นกระพริบตรงตามจำนวนที่เรากำหนด

- ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง 100 %

2. จากการทดลองการทำงานสัญญาณไฟจราจรโดยไม่ใช้ Sensor นั้นมีการกำหนดเวลาของแต่ละแยกแตกต่างกันออกไป

- ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง 100 %

3. จากการทดลองการนับ Counter ด้วย Sensor เพื่อตรวจสอบความเสถียรกับ PLC จะเห็นได้ว่ามีการคลาดเคลื่อนบ้าง

- ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง 99.375 %

4. จากการทดลองการทำงานสัญญาณไฟจราจรโดยใช้ Sensor นับจำนวนยานพาหนะ น้อย ปานกลาง มาก จะมีการทำงานตามค่าที่กำหนดไว้

- ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง 100 %

9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จด้วยดีได้ต้องขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวข้องในทุกกระบวนการวิจัยทุกท่าน

10. เอกสารอ้างอิง

[1] R. Pueboobpaphan. “A Research Report on Enhancing Traffic Signal Systems to Alert Communities at Irregularly Used Intersections on Major Highways,” *Research Report of Suranaree University of Technology*, 7-704-55-12-76.2014. (in Thai).

[2] J. Sakorn, K. Ongwatthanaphong, and J. Deesamoh. “Education Resolving Traffic Problems in the Eastern PartUsing Media,”in *Proceeding of RMUICON2025 9 RMUT: Driving Social Innovation Towards Sustainable Development*, Bangkok, July.22-24,2017, pp226-232 (in Thai).

[3] P. Lertworawanich, *Feasibility Study in Designing and Installation of the Traffic Light System on Highways Dept. of Highways Ministry of Transport*. 2010, pp. 31-40 (in Thai).

[4] T. Wichaimethawee, “Development of Traffic Signal Control Strategies for Saturated Traffic Conditions” M.Eng. thesis, Dept. of Civil Eng., Chulalongkorn Univ., Bangkok,2002 (in Thai).

[5] P. Kaewwichian, “A Study of Traffic Signal Control at Intersection: A Case Study of Khon Kaen Province,” M.Eng. thesis, Dept. of Electrical Eng., Khon Kaen Univ., Khon Kaen ,2006 (in Thai).

[6] W. Phutdhawong, “The Development of an Industrial-Scale Glycoside Extraction Machine from Centella Asiatica Using Electrocoagulation,” M.Eng. thesis, Dept. of Electrical Eng., Kasetsart Univ., Bangkok, 2011 (in Thai).

[7] P. Kaewwichian, “A Study of Traffic Signal Control at Intersection: A Case Study of Khon Kaen Province,” M.Eng. thesis, Dept. of Electrical Eng., Khon Kaen Univ., Khon Kaen,2011 (in Thai).

[8] D. Garg, M. Chli, and G. Vogiatzis, *School of Engineering and Applied Science*, Aston Univ., Birmingham, U.K., 2022, pp. 214–218.

[9] W. Wen, “A Dynamic and Automatic Traffic Light Control Expert System for Solving the Road Congestion Problem. Expert Systems with Applications,” *Expert Systems with Applications*, vol. 34, no. 4, pp. 2370–2381, May,2008.

The TMR Estimation based on Data Science Technique in Bit Patterned Media Recording System

Atiskit Tanaphatsittha, Anucha Tungkatsathan, and Wiparat Busyatras*

Data and Information Science
Faculty of Science and Technology
Raja Mangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
E-mail: wiparat_b@rmutt.ac.th*
Received: February 22, 2025; Revised: April 4, 2025; Accepted: April 23, 2025

Abstract

In large-scale cloud systems, such as data center infrastructure, data storage is still primarily reliant on hard disk drive (HDD) technology. Therefore, advancements in HDD efficiency focus on optimizing storage capacity by improving data density. One of the key technologies that enhances storage efficiency is Bit-Patterned Media Recording (BPMR), which can significantly increase areal density, reaching up to 4 terabits per square inch (Tb/in²) [1]. However, as track spacing decreases to achieve higher density, the system faces a more severe challenge from two-dimensional interference. This interference can lead to errors in the readback process due to incorrect positioning of the read head, resulting in track misregistration (TMR). Previous research has applied data science techniques, such as the K-Means Algorithm, to predict TMR by comparing the readback signal to the channel signal of each TMR [2]. In this study, we propose a different approach to estimating TMR by preparing a dataset based on 6 various by using 400 record of each TMR level and readback signal features, including the peak amplitude values of read back signal with upper track (Peak Track3), the mean values of read back signal with center track (Mean Track2), the maximum values of read back signal with upper track (Max Track3), the minimum values of read back signal with lower track (Min Track1), the minimum values of read back signal with center track(Min Track2), and maximum of read back signal of upper track(Max Track1). We then applied supervised machine learning 6 techniques, including Random Forest, Decision tree, Support Vector Machines (SVM), General linear model (GLM), Gradient Boosted Tree (GBT) and Deep Learning. The experimental results show that the Decision tree technique provides the best prediction performance, achieving 1.9% Relative Error at TMR level of 20% to 25%.

Keywords: Bit pattern media recording system (BPMR), Track Mis-registration (TMR), Machine learning, Model prediction.

1. Introduction

Nowadays, the demand to store digital data is continuously increasing. Therefore, resulting in the development of new forms of technology. To respond to the need for storage space hard disk drives are the right choice for data storage. Because there is a cheap price per unit of data capacity. Due to the original vertical recording technology (PMR: Perpendicular Magnetic Recording), encounter-red problems with superparamagnetic limitations (Superparamagnetic

Limit) [1-2] which can increase the efficiency of ground density to only 1 - 1.5 terabits per square inch (Tb/in^2)[1-3].

To increase the areal density, Bit pattern media recording (BPMR) data recording technology can increase spatial density [4-5] more than conventional systems. However, the system of BPMR surfaces with a problem with Track-Mis registration into decreased performance of recording. TMR is a situation where the center of the read head and the center of the main track do not match. Previous research has applied data science techniques, such as the K-Means Algorithm, to predict TMR by comparing the readback signal to the channel signal of each TMR [2]. In this study, we propose a different approach to estimating TMR by preparing a dataset based on various readback signal features, including the peak amplitude values of read back signal with upper track (Peak Track3), the mean values of read back signal with center track (Mean Track2), the maximum values of read back signal with upper track (Max Track3), the minimum values of read back signal with lower track (Min Track1), the minimum values of read back signal with center track (Min Track2), and maximum of read back signal of upper track(Max Track1). Then, we applied supervised machine learning techniques, including Random Forest, Decision tree, Support Vector Machines (SVM), General linear model (GLM), Gradient Boosted Tree (GBT) and Deep Learning for finding TMR prediction performance.

This research consists of seven sections. The first section is the introduction. The second section covers the simulation of the bit pattern media recording system using equations. The third section discusses the TMR simulation by equation. The fourth section focuses on data preparation. The fifth section explains the methodology. The sixth section presents the results. Finally, the seventh section provides the conclusion and discussion.

2. Bit pattern media recording

The BPMR system with TMR issues is modeled using mathematical equations, as referenced in study [4]. The signal is generated according to the following equation:

$$r_{l,k} = \sum_{n}\sum_{m} h_{m,n} x_{l-m,k-n} + n_{l,k}, \qquad (1)$$

Position $x_{l,k}$ is the raw data is recorded, where $l \in \{0,-1,+1\}$, that refers to the position of the upper track, center track, and lower track, respectively, that are disrupted by the addition of white noise (AWGN) obtained from averaging. and the variability of σ^2 will be included in the variable $n_{l,k}$. In practice, the readback signal obtained from the simulated channel is in the form of a coefficient. Where $h_{m,n}$, it can be generated by sampling the data from the simple Icelandic pulse response at the position of the product of the integer with the bit period and the track length, represented as in the following equation [5][10]. Where $h_{m,n}$ is the BPMR with TMR represent by

$$h_{m,n} = H(mTz + \Delta_{TMR} + nTx) \qquad (2)$$

where Tz is the track pitch, Tx is the bit length, and Δ_{TMR} is the read-head offset. We set Tz = Tx = 14.5 nm at 3.0 Tb/in^2 .

3. Track mis registration

Track Misregistration (TMR) is a significant challenge in Bit-Patterned Media Recording (BPMR) systems, where the read/write head deviates from the intended track. This misalignment degrades the accuracy of the data retrieval process, increasing bit error rates (BER) and decreasing overall system performance. TMR arises from several factors [6], including mechanical vibrations, thermal fluctuations, and imperfect head positioning, leading to inter-symbol interference (ISI) and inter-track interference (ITI) [7]. These interferences distort the signal, affecting the channel's ability to correctly interpret the data, which is critical in high-density data storage environments like BPMR [2]. As the areal density of

storage systems continues to grow, managing TMR becomes even more crucial. Current research emphasizes machine learning techniques to mitigate the effects of TMR by enhancing prediction and correction algorithms, thereby improving the resilience of storage systems against misregistration errors [3]. The TMR simulation by equation as

$$\Delta_{TMR} = (TMRz \times Tz)/100 \quad (3)$$

where $TMRz$ is the percentage of the TMR. In this research, we simulate the coefficients of read back signal by including several of high TMR as 10% 15% 20% and 25% for finding the model prediction. The level of TMR can be used to design an equalizer that approximates each TMR, allowing performance adjustments to achieve higher efficiency [4-8].

4. Data preparation

In the BPMR system, raw data from read channels is often noisy and inconsistent, requiring pre-processing steps such as data scaling and feature selection to improve model performance. We prepared readback signal data for three tracks: the upper track, center track, and lower track. For each track, TMR issues were simulated at various high TMR levels: 10%, 15%, 20%, and 25%. The six data set is divided into the peak amplitude values of read back signal with center track (Peak Track3), the mean values of read back signal with center track (Mean Track2), the maximum values of read back signal with upper track (Max Track3), the minimum values of read back signal with lower track (Min Track1), the minimum values of read back signal with center track (Min Track2), and maximum of read back signal of upper track (Max Track1), as shown in the following Table 1.

Table 1. Data preparation with six examples in each TMR level.

Peak Track3	Mean Track2	Max Track3	Min Track1	Min Track2	Max Track1	TMR (%)
0.287	0.498	0.821	0.846	0.583	0.846	**0**
0.309	0.659	0.593	0.968	0.614	0.968	**0**
0.248	0.425	0.914	0.748	0.529	0.748	**0**
0.335	0.506	0.579	0.689	0.475	0.689	**0**
0.216	0.260	0.411	0.639	0.307	0.639	**5**
0.248	0.559	0.564	0.688	0.485	0.688	**5**
0.323	0.409	0.682	0.649	0.476	0.649	**5**
0.331	0.647	1.000	0.857	0.470	0.857	**5**
0.368	0.585	0.558	0.874	0.528	0.874	**10**
0.453	0.483	0.637	0.672	0.403	0.672	**10**
0.431	0.529	0.674	1.000	0.515	1.000	**10**
0.430	0.445	0.545	0.785	0.539	0.785	**10**
0.456	0.611	0.717	0.822	0.630	0.822	**15**
0.562	0.488	0.583	0.737	0.502	0.737	**15**
0.483	0.782	0.949	0.724	0.575	0.724	**15**
0.482	0.604	0.578	0.919	0.528	0.919	**15**
0.630	0.386	0.602	0.875	0.558	0.875	**20**
0.738	0.757	0.823	0.884	0.521	0.884	**20**
0.710	0.688	0.895	0.566	1.000	0.566	**20**
0.759	0.707	0.747	0.611	0.513	0.611	**20**
0.875	0.821	0.690	0.835	0.692	0.835	**25**

0.986	0.692	0.848	0.825	0.731	0.825	**25**
1.000	0.581	0.809	0.916	0.589	0.916	**25**
0.932	0.441	0.930	0.751	0.678	0.751	**25**

** This data inside the table is scaled by data normalization technique to fit the data in range between 0 and 1, in the label, Track**X** represents 1, 2, 3 as the upper center and lower tracks.

The dataset for this research is prepared by equation (2) allocating coefficient values to different TMR levels at proportions of 10%, 15%, 20%, and 25%. Each TMR level contains more than 400 records. The training and testing datasets are derived from the entire set of prepared records.

5. Method of model prediction

The model development in this study focuses on creating a predictive model capable of estimating the severity of off-track read errors or TMR in a bit-patterned media recording (BPMR) system using machine learning techniques [9-10] as Figure 1. The model creation process involves several key steps:

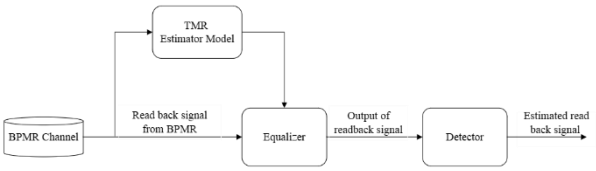


Figure 1. Block diagram of the proposed TMR estimator model in BPMR system.

1)*Data Generation and Feature Selection:* The data used for model development is generated through MATLAB simulations of the BPMR channel. Key parameters that influence the read-back signal, such as pulse width and inter-track interference (ITI), are adjusted to reflect varying levels of off-track read errors. Once the simulation data is collected, feature selection is conducted to identify the most important attributes that significantly impact the TMR problem. This ensures that only the relevant features are used to train the model, improving its performance.

2)*Data Pre-processing:* The simulation data is then pre-processed to prepare it for machine learning model development. This involves data cleaning to handle missing or incorrect values, followed by data normalization to reduce variability and ensure uniformity across all features. Additionally, dimensionality reduction techniques such as Principal Component Analysis (PCA) are applied to minimize the number of features, which helps improve computational efficiency and reduces the risk of overfitting in the model.

3)*Model Development and Training*: With processed data, multiple machine learning algorithms are employed to build the predictive model, including Random Forest, Decision tree, Support Vector Machines (SVM), General linear model (GLM), Gradient Boosted Tree (GBT) and Deep Learning. These algorithms are trained using the training dataset, which is a subset of the entire dataset. After training, the models are evaluated using a testing dataset to determine their accuracy and predictive capability on unseen data. Cross-validation techniques, such as K-Fold Cross-Validation, are employed to ensure the models generalize well to new data and avoid overfitting. The most robust model with the highest accuracy and efficiency is selected for further refinement and application.

6. Result of model prediction

The results of this research highlight the effectiveness of machine learning. All models achieve high performance in predicting Track Mis-registration (TMR) in the BPMR system, with relative errors of less than 10%. Notably, the Decision Tree model consistently achieves a relative error of just 1.9% in distinguishing various levels of TMR severity, as shown in Figure 2 – 4. These significantly lower relative errors suggest a solution for planning the equalizer to filter TMR based on model predictions, thereby improving performance without TMR effects.

Figure 2. Comparison of Relative Error across models.

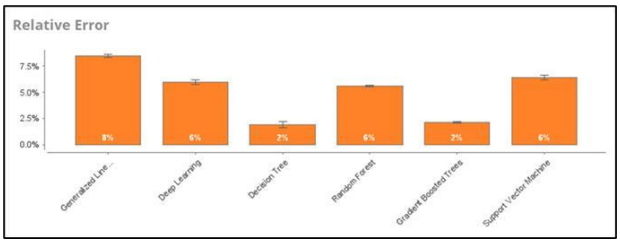


Figure 3. Comparison of processing time for each model.

Figure 4. Overall performance comparison of each model.

A key strength of the model is its robustness in handling noisy and variable data. Even when input data was affected by significant interference, the model maintained stable, accurate predictions, which is crucial for real-world applications where data variability is common. This ability to generalize across different conditions makes it well-suited for high-density data storage environments.

Additionally, the results of all model predictions show high accuracy percentages. Since the accuracy does not differ significantly, selecting the model with the fastest simulation time is a practical approach for future use. This model can be used to simulate performance by designing an equalizer that matches the read-back signal while considering each TMR level.

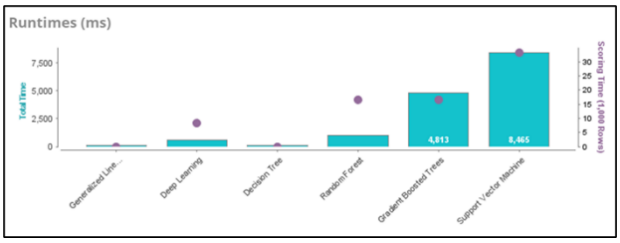
7. Conclusion and Discussion

The experimental results underscore the advantages of using machine learning, particularly deep learning, to address off-track read errors (TMR) in Bit-Patterned Media Recording (BPMR) systems. All the models achieved over 96% accuracy in predicting TMR severity and demonstrated robustness in handling noisy data. This efficiency contributes to overall system reliability, with the model providing quick predictions crucial for high-density storage applications.

However, this research focuses on high TMR levels, which also provide high accuracy percentages. In contrast, low TMR levels, such as 0% and 5%, do not achieve high accuracy.

Model	Relative Error	Standard Deviation	Total Time
Decision Tree	1.9%	± 0.3%	74 ms
Generalized Linear Model	8.5%	± 0.1%	78 ms
Deep Learning	6.0%	± 0.2%	567 ms
Random Forest	5.6%	± 0.1%	1 s
Gradient Boosted Trees	2.1%	± 0.1%	5 s
Support Vector Machine	6.4%	± 0.2%	8 s

To further improve performance, future research should explore hybrid models that combine various algorithms and implement them with low TMR datasets for data storage technologies in BPMR systems. Additionally, simulating the BER performance of BPMR can help evaluate these models' predictions as criteria for improving system performance and confirming their ability to detect TMR levels.



Acknowledgements

This work received research support from Faculty of Science and Technology Information Technology branch Rajamangala University of Technology Thanyaburi. In addition to the researcher himself There are also many important people who were an important part in the preparation of this thesis, Dr. Wiparat Busayatras and other faculty members. Thank you for your kind advice. and assistance until this research can come to fruition. The researcher would like to use the acknowledgments of this research to express our deepest gratitude.

References

[1] Y. Shiroishi, K. Fukuda, I. Tagawa, and H. Iwasaki, “ Future options for HDD storage,” *IEEE Trans. Magn.*, vol. 45, no. 10, pp. 3816–3822, Oct. 2009.

[2] S. Jeong and J. Lee, “ Track mis-registration estimator based on K-means algorithm for bit-

patterned media recording," *IEEE Trans. Magn.,* vol. 59, no. 3, pp. 1–5, Mar. 2023.

[3] M. H. Kryder, " Magnetic recording beyond the superparamagnetic limit," in *Proc. IEEE Int. Magn. Conf. (INTERMAG)*, Toronto, ON, Canada, Apr. 2000, pp. 14–19.

[4] T. R. Albrecht, H. Arora, and V. Ayanoor-Vitikkate, "Bit-patterned magnetic recording: Theory, media fabrication, and recording performance," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 51, no. 5, May. 2015.

[5] S. Nabavi, Signal Processing for Bit-Patterned Media Channels with Inter-Track Interference, Ph.D. dissertation, Carnegie Mellon Univ., Pittsburgh, PA, USA, 2008.

[6] C. Warisarn, W. Busyatras, and L. Myint, " Soft-information flipping approach in multi-head multi-track BPMR systems," *AIP Adv.*, vol. 8, no. 5, pp. 056704-1–056704-7, May. 2018.

[7] S. Nabavi, B. V. K. Vijaya Kumar, and J. A. Bain, " Mitigating the effects of track mis-registration in bit-patterned media," in *Proc. IEEE Int. Conf. Commun. (ICC)*, Beijing, China, May 2008.

[8] S. Karakulak, P. H. Siegel, and J. K. Wolf, " A parametric study of inter-track interference in bit patterned media recording," *IEEE Trans. Magn.,* vol. 46, no. 3, pp. 819-824, Mar. 2010.

[9] P. Kochcha, K. Kankhunthod, and C. Warisarn, "Track misregistration estimation technique based on hybrid K-means and EM algorithm in bit-patterned media recording systems," *IEEE Trans. Magn.,* vol. 61, no. 6, pp. 101-106, Jun. 2025.

[10] K. Kankhunthod and C. Warisarn, " Track misregistration mitigation using CNN-based method on single-reader/two-track reading BPMR systems," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 41954-41963, Apr.2023.

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการปลูกไผ่แบบผสมผสานกับพืชต่างชนิด
A break-even Point Analysis of Bamboo Intercropping with Other Plants

วรฤทัย ชูเทียร*, เพ็ญพิสุทธิ์ ทองหยวก, ธนบรรณ แก้วไทรหาญ, ตะวันฉาน พิทักษ์ประเวศ และ พรศรี เจริญพานิช
Woraruthai Choothian*, Penpisuth Thongyoug, Thanaban Kaewsaihan, Tawanchan Phithakprawet, and Pornsri Charoenpanich

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University
*Email: choothian_w@su.ac.th
Received: February 23, 2025; Revised: March 17, 2025; Accepted: June 13,2025

บทคัดย่อ

เกษตรกรรมเป็นอาชีพที่เป็นรากฐานของคนไทย แต่อาชีพเกษตรกรต้องประสบกับความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติที่ไม่สามารถควบได้และส่งผลให้มีผลผลิตที่ได้น้อยกว่าปกติ นอกจากนี้ยังต้องเผชิญกับความเสี่ยงในด้านราคาของผลผลิตที่มีความผันผวน หากเกษตรปลูกพืชแบบผสมผสานจะช่วยลดความเสี่ยงในด้านการพึ่งพาพืชเพียงชนิดเดียวและสามารถมีรายได้ในระหว่างการรอเก็บเกี่ยวพืชหลัก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการปลูกไผ่แบบผสมผสานผสมผสานกับพืชต่างชนิดเพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้เกษตรสามารถตัดสินใจในการลงทุนปลูกไผ่พืชแบบผสมผสานได้ การปลูกไผ่แบบผสมผสานที่ใช้ในการทำการศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้เป็นแปลงทดลองปลูกขนาด 40 ไร่ และมีการทดลองปลูกไผ่แบบผสมผสานจำนวน 2 โมเดล คือ โมเดล A และโมเดล B การปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล A มีพืชหลัก คือ ไผ่ตงลืมแล้ง พืชแซม คือ กล้วยน้ำว้าพันธุ์ปากช่อง 50 และมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 5 ปี การปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล B พืชหลัก คือ ไผ่มันหมู และพืชแซม คือ สะเดาเทียม และมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 7 ปี วิธีการดำเนินงานวิจัยของงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย การวางแผนการผลิตเพื่อศึกษาขั้นตอนการเพาะปลูก การประมาณต้นทุนในการปลูกไผ่แบบผสมผสานจากขั้นตอนต่างๆ ในการปลูกไผ่แบบผสมผสานของแต่ละโมเดล การประมาณการรายรับจากผลิตที่ได้ในแต่ละปีและราคาขายที่คาดการณ์ และการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและความคุ้มค่าในการลงทุนจากการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และการหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการได้จากการปลูกไผ่ด้วยการวิเคราะห์ความไว ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนพบว่า การปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล A มีจุดคุ้มทุนที่การเพาะปลูกบนพื้นที่ 5.02 ไร่ และการปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล B มีจุดคุ้มทุนที่การเพาะปลูกบนพื้นที่ 3.27 ไร่ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุนพบว่า NPV ของการปลูกไผ่แบบผสมผสานของโมเดล A และโมเดล B เท่ากับ 15,625,716 บาท และ 19,401,204 บาท ตามลำดับ และ IRR ของการลงทุนปลูกไผ่แบบผสมผสานของโมเดล A เท่ากับ73.41% และ IRR ของการลงทุนปลูกไผ่แบบผสมผสานของโมเดล B เท่ากับ 62.08% จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุนปลูกไผ่แบบผสมผสานของทั้ง 2 โมเดล บนเนื้อที่ 40 ไร่ สามารถสร้างผลตอบแทนที่น่าสนใจลงทุนและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร แต่การประมาณการต้นทุน ผลผลิต และราคาขายอยู่ภายใต้สถานการณ์ปกติ หากปัจจัยดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงอาจส่งผลผระทบต่อผลตอบแทนการลงทุน จากการวิเคราะห์ความไวสรุปได้ว่า ปัจจัยที่ควรเฝ้าระวังและส่งผลผระทบต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากที่สุดได้แก่รายรับของการปลูกพืช ดังนั้นเกษตรกรต้องเฝ้าระวังเรื่องราคาผลผลิต เพราะถ้ามีการผันผวนและราคาตกต่ำอาจจะทำให้การลงทุนไม่เป็นไปตามที่คาดหวังได้

คำสำคัญ : การปลูกไผ่แบบผสมผสาน, การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน, มูลค่าปัจจุบันสุทธิ, อัตราผลตอบแทนภายใน

Abstract

Agriculture is a fundamental occupation for Thai people. However, farmers face many risks from planting to reaping stages. One of the critical risks is natural disasters that result in lower yields than normal. In addition, farmers encounter fluctuating prices of agricultural products. Integrated farming could be an option to help farmers reduce the risks of monocropping. Thus, the objective of this research was to analyze the break-even point of integrated bamboo cultivation with other crops and determine whether farmers should invest in planting bamboo with other crops. The research used two 40-rai pilot plantations of integrated bamboo cultivation with other crops as case studies to collect data. There were two models: Model A and Model B. Model A planted Tong Leum Lang bamboo with Pak Chong 50 banana and had a harvest period of 5 years. Model B had Man Moo bamboo intercropped with Neem and had a harvest period of 7 years.

The research methodology included planning the plantation processes, estimating costs and incomes, finding the break-even point of each model, and determining the net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) of investing in integrated bamboo cultivation with other crops. The results of the break-even analysis showed that Model A and Model B required 5.02-rai and 3.27-rai plantations, respectively, at the break-even point. The NPV for the integrated bamboo plantation of Model A and Model B were 15,625,716 baht and 19,401,204 baht, respectively. The IRR for Model A was 73.41%, while for Model B it was about 62.08%. As a result, the integrated bamboo plantations of both models could generate an attractive return on investment for farmers. However, the estimation of costs, harvested products, and selling prices were based on normal circumstances. If these factors change, they might affect profits and investment returns. Sensitivity analysis revealed that the income from crop cultivation has the greatest impact on the net present value. Therefore, farmers must be careful about the prices of their products because if there is fluctuation and prices drop, the investment may not yield expected returns.

Keywords: Bamboo intercropping with other plants, Break-even Point, Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR)

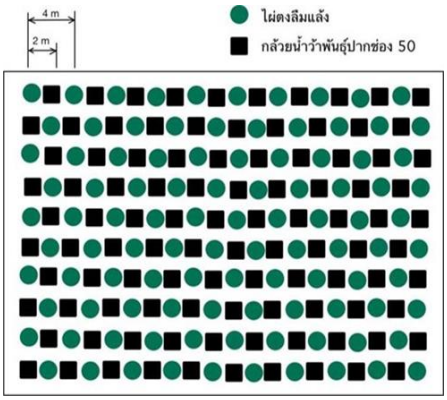
1. บทนำ

เกษตรกรรมเป็นอาชีพที่เป็นรากฐานของคนไทย การทำการเกษตรในประเทศมีการพัฒนาต่อเนื่อง เพื่อให้เกษตรกรสามารถสร้างรายได้และดำรงชีพด้วยอาชีพเกษตรกรรม เมื่อพิจารณารายได้ของประเทศจากภาคเกษตรมีสัดส่วนเพียง 8.8% ของ GDP ในขณะที่ภาคการเกษตรใช้พื้นการเกษตรคิดเป็น 46.6% ของประเทศ [1] จากสัดส่วนรายได้และการใช้พื้นที่แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรสามารถสร้างรายได้จากพื้นที่การเพาะปลูกต่อพื้นที่น้อยมาก อีกทั้งเกษตรกรประสบกับความเสี่ยงจากปัจจัยทางธรรมชาติที่ไม่สามารถควบได้ และส่งผลให้มีผลผลิตไม่สม่ำเสมอ เสี่ยงกับราคาผลผลิตที่ไม่แน่นอน และเผชิญกับปัจจัยทางเศรษฐกิจที่ส่งผลให้ปริมาณความต้องการจากผู้ซื้อกับปริมาณการผลิตที่ไม่สมดุลกัน ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้เกิดความไม่ยั่งยืนกับการผลิตภาคเกษตร [2] การปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำการเกษตร การเลือกพันธุ์พืชที่จะนำมาปลูก และการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำเกษตรกรรมจึงเป็นเรื่องที่สำคัญของการทำการเกษตร

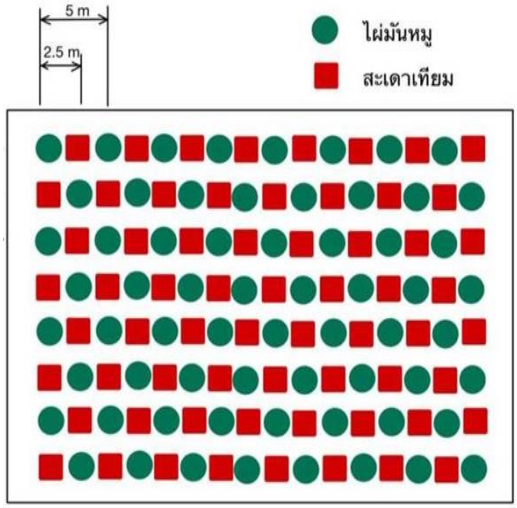
“ไผ่” ในฐานะพืชสารพัดประโยชน์เพราะสามารถนำผลผลิตของไผ่มาใช้ได้แทบจะทุกส่วน การนำเศษไผ่ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นช่วยลดการเกิดของเสีย และการใช้ไผ่ทดแทนวัสดุย่อยสลายยากช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ไผ่จึงเป็นตัวแทนของพืชที่สามารถนำมาใช้เพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจ BCG ได้อย่างยั่งยืน [3] การปลูกไผ่ในลักษณะพืชเชิงเดี่ยวจะทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องรอผลผลิตจากลำต้นไผ่ที่ต้องการนานถึง 5-7 ปี หรืออาจจะมีรายได้จากการขายหน่อไม้ในช่วงปีที่ 3 แต่ในระหว่างนี้เกษตรกรจะไม่มีรายได้จากการปลูกไผ่

การปลูกพืชแบบผสมผสานเป็นอีกรูปแบบของการปลูกพืชที่ทำให้เกษตรไม่ต้องแบกรับความเสี่ยงด้านราคาผลผลิตและปัจจัยทางเศรษฐกิจเหมือนกับการปลูกพืชแบบเชิงเดี่ยว [2] และยังทำให้เกษตรกรสามารถสร้างรายได้จากผลผลิตของพืชแซมในระหว่างช่วงที่พืชหลักยังไม่สามารถให้ผลผลิต หากเกษตรกรเลือกการปลูกไผ่แบบผสมผสาน เกษตรกรจะมีรายได้ระหว่างการรอขายลำไผ่ แต่การปลูกพืชแบบผสมผสานอาจจะทำให้ต้นทุนในการเพาะปลูกและการดูแลไผ่เพิ่มสูงขึ้น และอาจส่งผลกระทบต่อรายได้สุทธิของเกษตรกร

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการปลูกไผ่แบบผสมผสานผสมผสานกับพืชต่างชนิดเพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้เกษตรสามารถตัดสินใจในการลงทุนปลูกไผ่พืชแบบผสมผสานได้ การปลูกไผ่แบบผสมผสานที่ใช้ในการทำการศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้เป็นแปลงทดลองปลูกขนาดแปลงละ 40 ไร่ และมีการทดลองปลูกไผ่แบบผสมผสานจำนวน 2 โมเดล คือ โมเดล A และโมเดล B การปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล A มีพืชหลัก คือ ไผ่ตงลืมแล้ง พืชแซม คือ กล้วยน้ำว้าพันธุ์ปากช่อง 50 และมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 5 ปี การปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล B พืชหลัก คือ ไผ่มันหมู และพืชแซม คือ สะเดาเทียม และมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 7 ปี โดยรูปแบบในการปลูกไผ่แบบผสมผสานร่วมกับพืชต่างชนิดของโมเดล A และโมเดล B แสดงดังรูปที่ 1 และ รูปที่ 2 ตามลำดับ โดยทั้งสองโมเดลจะมีจำนวนต้นไผ่และพืชแซมต่อไร่แตกต่างกัน จำนวนพืชขึ้นอยู่กับระยะปลูกของพืชแต่ละประเภท โมเดล A ไผ่ตงลืมแล้งจะปลูกห่างกัน 4 เมตร และปลูกกล้วยน้ำว้าพันธุ์ปากช่อง 50 แซมระหว่าการปลูกไผ่มีระยะหาง 2 เมตร ในพื้นที่ 1 ไร่จะสามารถปลูกไผ่ตงและกล้วยน้ำว้าพันธุ์ปากช่อง 50 ได้อย่างละ 100 ต้น โมเดล B ไผ่มันหมูจะปลูกห่างกัน 5 เมตร และปลูกสะเดาเทียมแซมระหว่าการปลูกไผ่มีระยะหาง 2.5 เมตร ในพื้นที่ 1 ไร่จะสามารถปลูกไผ่มันหมูและสะเดาเทียมได้อย่างละ 64 ต้น [4, 5, 6, 7] โดยพื้นที่ศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้ตั้งอยู่ที่ อำเภอศรีเทพ จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นพื้นที่ติดกับภูเขา มีแม่น้ำและลำคลองไหลผ่าน ภูมิอากาศในฤดูร้อนจะร้อนมาก ฤดูหนาวจะหนาวจัด ฤดูแล้งน้ำจะขาดแคลนไม่เพียงพอต่อการทำเกษตรกรรม สภาพดินเป็นดินร่วนปนทรายประมาณร้อยละ 75 ดินลูกรังประมาณร้อยละ 15 และดินเหนียวประมาณร้อยละ 10 เป็นพื้นที่ที่เหมาะแกการปลูกพืชไร่



รูปที่ 1 การปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล A



รูปที่ 2 การปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล B

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 จุดคุ้มทุน (Break-even Point)

ปริมาณยอดขายหรือยอดผลิตที่ทำให้ต้นทุนรวม (C_T) มีค่าเท่ากับรายรับรวม (TR) เรียกว่า "จุดคุ้มทุน" โดยปริมาณยอดขายหรือยอดผลิตสามารถคำนวณได้ดังนี้ [8, 9]

จาก
$$C_T = TR \quad (1)$$
จะได้
$$C_F + c_v \cdot D = p \cdot D \quad (2)$$

เมื่อ C_F = ต้นทุนคงที่

c_v = ต้นทุนผันแปรต่อหน่วยของยอดขาย ต้นทุนคงที่

p = ราคาขายต่อหน่วยอัตราดอกเบี้ย MARR

D = ปริมาณยอดขายหรือยอดผลิต ณ จุดคุ้มทุน

งานวิจัยทางเกษตรกรรมได้มีการนำจุดคุ้มทุนมาใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนและความคุ้มค่าการลงทุน เช่น การใช้จุดคุ้มทุนในการเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนระหว่างการเลี้ยงสาหร่าย จิ้งหรีด และหนอนนกยักษ์ เพื่อการทำโปรตีนนวัตกรรมทดแทนสู่อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และพบว่าการเลี้ยงหนอนนกยักษ์มีจุดคุ้มทุน 1,692 กิโลกรัม ในขณะที่การเลี้ยงสาหร่ายและจิ้งหรีดมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 2,406 กิโลกรัม และ 1,906 กิโลกรัม ตามลำดับ [10]

2.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความน่าสนใจในการลงทุนของโครงการโดยใช้นำกระแสเงินเข้าและกระแสเงินออกของโครงการงการมาหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน และพิจารณาที่ส่วนต่างของกระแสเงินเข้าและกระแสเงินออก [8, 9] สูตรในการคำนวณ NPV แสดงในสมการที่ (3) และถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่า 0 โครงการนั้นมีความน่าสนใจในการลงทุน

$$NPV = \sum_{n=0}^{N} \frac{A_n}{(1+i)^n} \qquad (3)$$

เมื่อ A_n = กระแสเงินสดสุทธิของแต่ละปี n

i = อัตราดอกเบี้ย MARR

N = ระยะเวลาของโครงการ (ปี)

ภาคการเกษตรได้นำ NPV มาใช้ในการการเปรียบเทียบการปลูกกะเพราและโหระพาตามวิธีการปลูกมาตรฐาน GAP และการปลูกแบบทั่วไป โดยจำแนกวิธีการปลูกออกเป็น 2 วิธี คือ การปลูกตามมาตรฐาน (GAP) และการปลูกแบบทั่วไป โดยมีระยะของการปลูกเท่ากับ 10 ปี โดยมีต้นทุนการปลูก จากการวิเคราะห์ด้วย NPV พบว่า การปลูกแบบทั่วไปนั้นให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 193,034.91 บาท ซึ่งสูงกว่าแนวทางการปลูกตามมาตรฐาน GAP ที่มีค่า (NPV) เท่ากับ 79,833.47 บาท เนื่องจากการปลูกแบบทั่วไปมีความยืดหยุ่นในการขายที่สูงกว่าทำให้เมื่อมีผลผลิตเกิดขึ้นจะสามารถหาช่องทางการขายได้มากกว่าการปลูกตามมาตรฐาน GAP [11]

2.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็นการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายในของเงินลงทุนหรืออัตราดอกเบี้ยที่จะได้รับจากการลงทุนในจุดที่มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันของกระแสเงินเข้าและกระแสเงินออก โดยพิจารณาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยที่น่าสนใจจากการลงทุนหรือที่คาดหวัง [8, 9] โดย IRR สามารถได้จาก

$$\sum_{n=0}^{N} R_n(P/F, i'\%, n) = \sum_{n=0}^{N} E_k(P/F, i'\%, n) \qquad (4)$$

เมื่อ R_n = รายรับสุทธิในปีที่ n

i = ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในปีที่ n

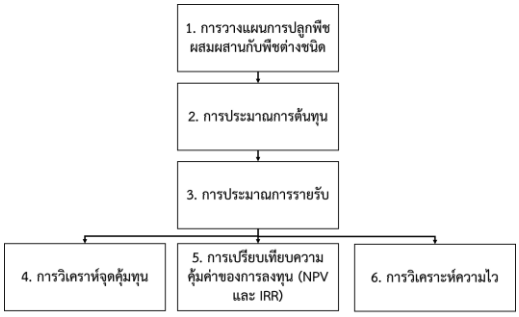
N = ระยะเวลาของโครงการ (ปี)

ตัวอย่างในการใช้ IRR ในการหาความคุ้มค่าในการลงทุน เช่น การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินจากการปลูกไม้สะเดา โดยมีค่าใช้จ่าย ได้แก่ ค่าใช้จ่ายต่อปีในการปลูก บำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายในการอำนวยการในการปลูกสร้าง และมีรายได้จากการขายไม้สะเดาต่อไร่ ประกอบด้วย ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่และราคาไม้สะเดา พิจารณาปีที่เริ่มลงทุนทำการเกษตรไปจนถึงช่วงอายุของพืชที่สามารถเก็บผลผลิตได้ คือ 25 ปี คำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ได้เท่ากับ 5.79% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอัตราผลตอบแทนที่คาดหวัง แสดงว่าการปลูกไม้สะเดาไม่สามารถให้ผลตอบแทนที่คาดหวังและไม่ควรที่จะลงทุน [12]

การวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการปลูกกล้วยหอมทองพิจารณา ณ ปีที่เริ่มลงทุนทำการเกษตรไปจนถึงช่วงอายุของพืชที่สามารถเก็บผลผลิตได้ คือ 5 ปี จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 45,890.19 บาท และอัตราตอบแทนภายใน (IRR) ร้อยละ 7.19 และระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 10 เดือน 11 วัน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอายุโครงการ จากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนในการปลูกกล้วยเป็นค่าที่พึงพอใจ และเป็นการยืนยันว่าการลงทุนนี้เป็นการลงทุนที่คุ้มค่า [13]

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการปลูกไผ่แบบผสมผสานกับพืชต่างชนิดประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนดังรูปที่ 3 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 การวางแผนการปลูกไผ่แบบผสมผสานกับพืชต่างชนิด

การวางแผนการปลูกไผ่แบบผสมผสานกับพืชต่างชนิดสำหรับงานวิจัยนี้ใช้หลักการการวางแผนการผลิตเพื่อวางแผนการดำเนินงานตามกระบวนการต่างๆ ของการปลูกไผ่ ขั้นตอนและวิธีการปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล A และ B อ้างอิงจากแปลงทดลองการปลูกพืชแบบผสมผสานขนาด 40 ไร่ของบริษัทหนึ่งที่ต้องการปลูกเพื่อตัวอย่างให้กับเกษตรได้เข้าไปศึกษาและเรียนรู้ กระบวนการหลักของการปลูกไผ่แบบผสมผสานกับพืชต่างชนิดประกอบไปด้วย 4 กระบวนการหลัก ได้แก่

1) กระบวนการการเตรียมพื้นที่ปลูกประกอบไปด้วย การไถพรวนดิน การปรับหน้าดิน และการยกร่อง
2) กระบวนการปลูกไผ่และพืชแซมประกอบไปด้วย การเตรียมหลุมปลูก การใส่ปุ๋ย การนำต้นกล้าลงดิน การรดน้ำหลุม และการปลูก
3) กระบวนการการดูแลและการเจริญเติบโต ประกอบไปด้วย การรดน้ำ การใส่ปุ๋ย การพรวนดิน และการกำจัดศัตรูพืช
4) กระบวนการเก็บเกี่ยวผลผลิต

การการวางแผนการปลูกไผ่แบบผสมผสานกับพืชต่างชนิดทำให้ทราบถึงการดำเนินงานของกิจกรรมต่างๆในแต่ละสัปดาห์ ทรัพยากรที่ต้องใช้ และระยะเวลาของแต่ละกิจกรรม ข้อมูลดังกล่าวทำให้สามารถประมาณการต้นทุนของแต่ละกิจกรรมและนำไปสู่ต้นทุนของการปลูกไผ่แบบผสมผสานทั้ง 2 โมเดลได้

3.2 การประมาณการต้นทุน

การวิจัยนี้ได้วางแผนการดำเนินงานของการปลูกไผ่แบบผสมผสานตลอดระยะเวลาโครงการของทั้ง 2 โมเดล และนำกิจกรรมที่เกิดขึ้นของการเพาะปลูกไผ่แบบผสมผสานมาประมาณการต้นทุนที่เกิดขึ้นตั้งแต่การเตรียมแปลงเพาะปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว ตลอดระยะเวลาโครงการ การประมาณการต้นทุนเกิดจากการต้นทุนในการปลูกไผ่แบบผสมผสานของทั้ง 2 โมเดล ประกอบไปด้วย ต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร ถ้าแบ่งค่าใช้จ่ายตามกิจกรรมที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ต้นทุนแรกเริ่ม และต้นทุนรายปี

3.3 การประมาณการรายรับ

การประมาณการรายรับแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การประมาณการราคาขาย และการประมาณการผลผลิต การประมาณการราคาขายเริ่มจากการรวบรวมราคาขายจากเว็ปไซต์และตลาดกลาง และเลือกใช้ราคาที่อยู่ในช่วงปกติ (ไม่ใช่ราคาสูงที่สุดและต่ำที่สุด) ส่วนการประมาณการผลผลิตใช้วิธีการประมาณจำนวนผลผลิตที่ได้ต่อต้นและนำไปคาดการณ์เป็น ประมาณปริมาณผลผลิตที่ได้ในแต่ละปี โมเดล A จะมีผลผลิตจากกล้วยน้ำหว้าตั้งแต่ปีที่ 1 และเริ่มมีหน่อไม้เป็นผลผลิตจากไผ่ในปีที่ 3 โมเดล B จะเริ่มมีหน่อไม้เป็นผลผลิตจากไผ่ในปีที่ 3 เป็นต้นไป และจะมีการขายต้นสะเดาในปีที่ 7 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของระยะเวลาโครงการของโมเดล B

3.4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

งานวิจัยนี้ใช้มูลค่าปัจจุบันเทียบเท่าของรายรับและรายจ่ายในการหาจุดคุ้มทุน โดยพิจารณาที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 10% ซึ่งเป็นอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำ (MARR) โดยอ้างอิงจากอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ประมาณ 6.5 % และอัตราผลตอบแทนที่คาดหวัง 3.5 %

3.5 การเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการลงทุน

การเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการลงทุนโดยการใช้การวิเคราะห์ NPV และ IRR ของ 2 โครงการ แต่ละโครงการต้องมีระยะเวลาโครงการที่เท่ากัน การปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล A มีระยะเวลาโครงการ 5 ปี การปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล B มีระยะเวลาโครงการ 7 ปี งานวิจัยนี้คำนวณหาระยะเวลาโครงการของทั้ง 2 โมเดล โดยการใช้ตัวคูณร่วมน้อยเพื่อหาระยะเวลาของโครงการจึงจะสามารถทำการเปรียบเทียบ NPV ระหว่าง 2 โมเดลได้ คำนวณระยะเวลาของโครงการที่ใช้ในการเปรียบเทียบ NPV ของการปลูกพืชแบบผสมผสานโมเดล A และโมเดล B เท่ากับ 35 ปี และกำหนดขนาดของการเพาะปลูกไผ่แบบผสมผสานบนเนื้อที่ขนาด 40 ไร่ ซึ่งเป็นแปลงทดลองปลูกไผ่แบบผสมผสานของทั้ง 2 โมเดล โดยมีหลักเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนในโครงการมีดังนี้

1) หลักเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนสำหรับ NPV มีเกณฑ์การตัดสินใจดังนี้

$NPV > 0$ แสดงว่า การลงทุนปลูกไผ่แบบผสมผสานมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนของการปลูกไผ่แบบผสมผสาน

$NPV \leq 0$ แสดงว่า การลงทุนปลูกไผ่แบบผสมผสานไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนของการปลูกไผ่แบบผสมผสาน

2) หลักเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนสำหรับ IRR มีเกณฑ์การตัดสินใจดังนี้

$IRR > 10\%$ แสดงว่า การลงทุนปลูกไผ่แบบผสมผสานมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนของการปลูกไผ่แบบผสมผสาน

$IRR \leq 10\%$ แสดงว่า การลงทุนปลูกไผ่แบบผสมผสานไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนของการปลูกไผ่แบบผสมผสาน

3.6 การวิเคราะห์ความไว

การวิเคราะห์ความไวช่วยให้เห็นถึงผลกระทบต่อการตัดสินใจในการลงทุนเมื่อมีปัจจัยที่สำคัญมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระดับต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปัจจัยนั้นๆ [8] งานวิจัยนี้นำ 4 ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้แก่ ค่าแรงงานประจำ ค่ารถแทรกเตอร์ ค่าปุ๋ย และรายรับจากการขายผลผลิตของพืชทั้ง 2 ชนิดของแต่ละโมเดลมาวิเคราะห์ความไว โดยการนำปัจจัยดังกล่าวมาทำการเปลี่ยนแปลงค่าเพิ่มขึ้นและลดลงครั้งละ 25% และนำค่าที่เปลี่ยนแปลงดังกล่าวไปคำนวณค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ และนำไปวิเคราะห์หาความไวต่อไป

4. ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ต้นทุนการปลูกไผ่แบบผสมผสานของโมเดล A และ B

4.1.1 ต้นทุนแรกเริ่มคงที่ (IF_i)

ต้นทุนแรกเริ่มคงที่ คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมตอนเริ่มต้นกิจการและการเตรียมการเพาะปลูก แต่ค่าใช้จ่ายไม่ได้แปรผันตามขนาดของพื้นที่เพาะปลูก กิจกรรมที่เกี่ยวข้องตอนเริ่มต้นเพาะปลูกได้แก่ การจัดซื้ออุปกรณ์ที่ต้องนำมาใช้ในการเพาะปลูก การเตรียมพื้นที่สำหรับการปลูก การเตรียมดินและหลุมปลูก การปลูกต้นกล้า และการติดตั้งระบบน้ำหยด ต้นทุนแรกเริ่มคงที่ของการปลูกไผ่แบบผสมผสาน โดยรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ต้นทุนแรกเริ่มคงที่ของการปลูกไผ่แบบผสมผสาน

รายละเอียดต้นทุน	ค่าใช้จ่าย (บาท)	
	โมเดล A	โมเดล B
1. รถแทรกเตอร์ขนาด 24 แรงม้า	323,000	323,000
2. ค่าจ้างพนักงานประจำ	180,000	180,000
3. อุปกรณ์เสริมรถแทรกเตอร์	242,000	242,000
4. ค่าอุปกรณ์การเกษตร	799	300
5. ค่าต้นกล้า	5,500	3,008
6. ค่าติดตั้งระบบน้ำหยด	5,000	5,000
ต้นทุนรวม	756,299	753,308

4.1.2 ต้นทุนแรกเริ่มผันแปร (IV_i)

ต้นทุนแรกเริ่มผันแปร คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากกิจกรรมตอนเริ่มต้นกิจการและการเตรียมการเพาะปลูกและมีการ เปลี่ยนแปลงไปตามสัดส่วนของขนาดแปลงปลูก ต้นทุนแรกเริ่มผันแปร ประกอบไปด้วย

ตารางที่ 2 ต้นทุนแรกเริ่มผันแปรของการปลูกไผ่แบบผสมผสาน

รายละเอียดต้นทุน	ค่าใช้จ่าย (บาท)	
	โมเดล A	โมเดล B
1. ค่าแรงงานชั่วคราว ($IV_{1.}$)	3,150	2,100
2. ค่ากล้าไม้ ($IV_{2.}$)	4,935	4,370
3. ค่าปุ๋ยและแร่ธาตุ ($IV_{3.}$)	19,257	10,814
4. ค่าน้ำมันดีเซลรถแทรกเตอร์ ($IV_{4.}$)	2,294	1,147
5. ค่าเช่ารถแทรกเตอร์เตรียมพื้นที่ปลูก ($IV_{5.}$)	15,000	15,000
ต้นทุนรวม	44,636	33,431

4.1.3 ต้นทุนรายปีคงที่ (OF_i)

ต้นทุนรายปีคงที่ คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานตั้งแต่การปลูกจนกระทั่งการเก็บเกี่ยวในปีสุดท้าย ค่าใช้จ่ายเหล่านี้ไม่แปรผันตามขนาดของพื้นที่เพาะปลูก กิจกรรมที่ก่อให้เกิดต้นทุนรายปีคงที่ เช่น การบริหารจัดการแปลงปลูก การดูแลและให้ปุ๋ย การเก็บเกี่ยว การขนส่งลำไผ่ไปขาย ต้นทุนรายปีคงที่ประกอบไปด้วย

1.ค่าแรงงานประจำ
2.ค่าซ่อมบำรุงรักษารถแทรกเตอร์และอุปกรณ์การเกษตร
3.ค่าน้ำค่าไฟฟ้าและน้ำบาดาล
4.ค่าขนส่งผลผลิต (ปีที่มีการผลิต)

ตารางที่ 3 ต้นทุนรายปีคงที่ของการปลูกไผ่แบบผสมผสาน

รายละเอียดต้นทุน	ค่าใช้จ่าย (บาท)	
	โมเดล A	โมเดล B
1. ค่าแรงงานประจำ (OF_1)	120,000	120,000
2. ค่าซ่อมบำรุงรักษารถแทรกเตอร์และอุปกรณ์การเกษตร (OF_2)	20,000	20,000
3. ค่าน้ำค่าไฟฟ้าและน้ำบาดาล (OF_3)	5,500	7,700
4. ค่าขนส่งผลผลิต (OF_4)	12,000	12,000
ต้นทุนรวม	157,500	159,700

4.1.4 ต้นทุนรายปีผันแปร (OV_i)

ต้นทุนรายปีผันแปร ได้แก่ ค่าแรงงานชั่วคราว (OV_1),

ค่าปุ๋ยและแร่ธาตุ (OV_2), ค่าน้ำมันดีเซลรถแทรกเตอร์ (OV_3) , และ ค่าขนส่งผลผลิต (OV_4) เป็นต้นทุนที่มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกไผ่ร่วมกับพืชต่างชนิด โดยตุ้นทุนนี้จะคิดเป็นรายปี ต้นทุนรายปีผันแปรประกอบไปด้วย

ตารางที่ 4 ต้นทุนรายปีผันแปรของการปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล A

ปีที่	ต้นทุนรายปีผันแปร (บาท/ไร่)				
	OV_1	OV_2	OV_3	OV_4	รวม
1	140	258	58	-	456
2	420	167	-	-	587
3	420	160	58	-	638
4	420	120	-	-	540
5	980	120	-	30,000	31,100

ตารางที่ 5 ต้นทุนรายปีผันแปรของการปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล B

ปีที่	ต้นทุนรายปีผันแปร (บาท/ไร่)				
	OV_1	OV_2	OV_3	OV_4	รวม
1	140	100	29	-	269
2	140	118	29	-	287
3	420	100	29	-	549
4	420	118	29	-	567
5	420	100	29	-	549
6	420	118	29	10,000	10,567
7	1,260	100	-	25,000	26,360

4.2 การประมาณการรายรับของโมเดล A และโมเดล B

การประมาณการรายรับแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การประมาณการผลผลิต และการประมาณการราคาขาย ส่วนการประมาณการผลผลิตใช้วิธีการประมาณปริมาณผลผลิตที่ได้ในแต่ละปี

1) โมเดล A ผลผลิตประกอบไปด้วย ผลผลิตจากไผ่ ได้แก่ หน่อไม้ และลำไผ่ ผลผลิตจากกล้วย ได้แก่ ปลีกล้วย หน่อกล้วย (นำไปปลูก) และต้นกล้วย ปีที่ 1 - 2 จะมีการเก็บผลผลิตจากกล้วยน้ำหว้า และในปีที่ 3 – 5 จะมีการเก็บเกี่ยวหน่อไม้ และในปีสุดท้ายจะตัดลำไผ่ขาย โดยรายละเอียดรายรับในแต่ละปีแสดงดังตารางที่ 6 และ 7
2) โมเดล B ตั้งแต่ปีที่ 3 – 7 จะมีการเก็บหน่อไม้ขาย และในปีสุดท้ายจะตัดลำไผ่และลำต้นสะเดาเทียม โดยรายละเอียดรายรับในแต่ละปีแสดงดังตารางที่ 8 และ 9

การประมาณการราคาขายเริ่มจากการรวบรวมราคาขายจากเว็บไซต์และตลาดกลาง และเลือกใช้ราคาที่อยู่ในช่วงปกติ (ไม่ใช่ราคาสูงที่สุดและต่ำที่สุด) ราคาของหน่อไม้และลำไผ่ของไผ่ตรงลืมแล้งและไผ่มันหมูมีราคาที่แตกต่างกันรายละเอียดของราคาผลผลิตแต่ละโมเดลแสดงได้ดังตารางที่ 6 - 9

จำนวนต้นที่ปลูกของทั้งสองโมเดลต่างกันทำให้รายรับที่เกิดจากการปลูกไผ่ของทั้ง 2 โมเดลต่างกัน สรุปรายรับของแต่ละโมเดลสรุปได้ดังตารางที่ 10 และ 11

ตารางที่ 6 ผลผลิตต่อไร่และราคาของผลผลิตโมเดล A: ไผ่ตงลืมแล้ง

ผลผลิต	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5
หน่อไม้ (กก.)	8,000	8,000	8,000
ราคาหน่อไม้ (บาท/กก.)	12.5	12.5	12.5
ลำไผ่ (ตัน)	0	0	80
ราคาลำไผ่ (บาท/ตัน)	0	0	700

ตารางที่ 7 ผลผลิตต่อไร่และราคาของผลผลิตโมเดล A: กล้วยน้ำว้า

ผลผลิต	ปีที่ 1	ปีที่ 2
กล้วย (กก.)	2,400	2,400
ราคากล้วย (บาท/กก.)	17.0	17.0
ปลีกล้วย (หัว)	100	100
ราคาปลีกล้วย (บาท/หัว)	8.4	8.4
หน่อกล้วย (หน่อ)	400	1,200
ราคาหน่อกล้วย (บาท/หน่อ)	15.0	15.0
ลำต้น (ต้น)	0	300
ราคาลำต้น (บาท/ต้น)	10.0	10.0

ตารางที่ 8 ผลผลิตต่อไร่และราคาของผลผลิตโมเดล B: ไผ่มันหมู

ผลผลิต	ปีที่ 3 -6	ปีที่ 7
หน่อไม้ (กก.)	7,680	7,680
ราคาหน่อไม้ (บาท/กก.)	20	20
ลำไผ่ (ตัน)	0	23
ราคาลำไผ่ (บาท/ตัน)	700	700

ตารางที่ 9 ผลผลิตต่อไร่และราคาของผลผลิตโมเดล B: สะเดาเทียม

ผลผลิต	ปีที่ 7
ต้นสะเดา (ต้น)	64
ราคาต้นสะเดาเทียม (บาท/ต้น)	1,650

ตารางที่ 10 สรุปรายรับของการเพาะปลูก A

ปีที่	รายรับจากผลผลิต (บาท/ไร่)		
	กล้วยน้ำว้า	ไผ่ตงลืมแล้ง	รวม
1	47,650	0	47,640
2	62,640	0	62,640
3	0	100,000	100,000
4	0	100,000	100,000
5	0	156,000	156,000

ตารางที่ 11 สรุปรายรับของการเพาะปลูกโมเดล B

ปีที่	รายรับจากผลผลิต (บาท/ไร่)		
	ไผ่มันหมู	สะเดาเทียม	รวม
1	0	0	0
2	0	0	0
3	153,600	0	153,600
4	153,600	0	153,600
5	153,600	0	153,600
6	153,600	0	153,600
7	169,700	105,600	275,300

4.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การประมาณการต้นทุนและรายรับของการปลูกไผ่แบบผสมผสานของทั้ง 2 โมเดล งานวิจัยนี้นำต้นทุนและรายรับมาคิดเป็นมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันได้ดังสมการที่ (3) และสมการที่ (4) ตามลำดับ งานวิจัยนี้เลือกใช้อัตราผลตอบแทนที่สนใจ (MARR) เท่ากับ 10% ซึ่งมาจากดอกเบี้ยเงินกู้และอัตราผลตอบแทนที่ต้องการโมเดล A ใช้ระยะเวลาโครงการ 5 ปี โมเดล B ใช้ระยะเวลาโครงการ 7 ปี การหาพื้นที่การปลูกที่จะทำให้การปลูกไผ่แปลงใหญ่ผสมผสานแต่ละโมเดลที่จุดคุ้มทุน หรือจุดที่มีต้นทุนและรายรับเทียบเท่ามูลค่าปัจจุบันสามารถคำนวณจุดคุ้มทุนได้ตามสมการที่ (5)

การคำนวณหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันของต้นทุนแสดงในสมการที่ (1)

$$\left(\sum_{i=1}^{n} IF_{i.}\right)+\left(\sum_{i=1}^{n} IV_{i.}\right)A+\left[\left(\sum_{i=1}^{n} OF_{i.}\right)(P/A\,,10\%,N)\right]+\left[\left(\sum_{i=1}^{n} OV_{iy}\right)(P/F\,,10\%,N)\right]A \tag{3}$$

การคำนวณหาสมการหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันของรายรับแสดงในสมการที่ (2)

$$\left[\left(\sum_{j=1}^{n} P_{jy}\right)(P/F\,,10\%,N)\right]A \tag{4}$$

สมการ ณ จุดคุ้มทุน คือ ต้นทุน (3) = รายรับ (4)

สามารถแสดงสมการหาจำนวนไร่ที่จุดคุ้มทุนได้ดังสมการที่ (5)

$$\left(\sum_{i=1}^{n} IF_{i.}\right)+\left(\sum_{i=1}^{n} IV_{i.}\right)A+\left[\left(\sum_{i=1}^{n} OF_{i.}\right)(P/A\,,10\%,N)\right]+\left[\left(\sum_{i=1}^{n} OV_{iy}\right)(P/F\,,10\%,N)\right]A=\left[\left(\sum_{j=1}^{n} P_{jy}\right)(P/F\,,10\%,N)\right]A \tag{5}$$

กำหนดให้

$A =$ จำนวนพื้นที่การปลูกไผ่แบบผสมผสาน (ไร่)

$IF_i =$ ต้นทุนคงที่แรกเริ่ม (บาท) i คือ ประเภทของต้นทุน โดย $i = 1, \ldots, 4$

$IV_i =$ ต้นทุนผันแปรแรกเริ่ม (บาท/ไร่) i คือ ประเภทของต้นทุน โดย $i = 1, \ldots, 4$

$OF_i =$ ต้นทุนคงที่รายปี (บาท) i คือ ประเภทของต้นทุน โดย $i = 1, \ldots, 4$

$OV_i =$ ต้นทุนผันแปรรายปี (บาท/ไร่) i คือ ประเภทของต้นทุน โดย $i = 1, \ldots, 4$

$y =$ ปีที่ดำเนินโครงการ

$N =$ ระยะเวลาโครงการของการปลูกไผ่แบบผสมผสาน

แทนค่าต้นทุนและรายรับของการปลูกไผ่แบบผสมผสานของแต่ละโมเดลลงในสมการที่ (3) เพื่อหาค่า A พื้นที่การเพาะปลูกไผ่แบบผสมผสานที่จุดคุ้มทุน โดยโมเดล A มีระยะเวลาโครงการ 5 ปี และโมเดล B มีระยะเวลาโครงการ 7 ปีโดยพิจารณาที่อัตราดอกเบี้ย 10% จากผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนพบว่า โมเดล A มีจุดคุ้มทุนของพื้นที่การปลูกไผ่แบบผสมผสานเท่ากับ 5.02 ไร่ แต่จุดคุ้มทุนไม่ได้สร้างผลกำไรให้แก่เกษตรกร ดังนั้น ถ้าเกษตรกรต้องทำการปลูกไผ่แบบผสมผสานตามโมเดล A จะต้องทำการเพาะปลูกในพื้นที่มากกว่า 5.02 ไร่จึงจะทำให้มีผลกำไร สำหรับโมเดล B มีจุดคุ้มทุนของพื้นที่การปลูกไผ่แบบผสมผสานเท่ากับ 3.27 ไร่ ถ้าเกษตรกรต้องทำการปลูกไผ่แบบผสมผสานตามโมเดล B จะต้องทำการเพาะปลูกในพื้นที่มากกว่า 3.27 ไร่ เกษตรกรจึงจะมีผลกำไรจากการเพาะปลูก การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจะวิเคราะห์ภายใต้สมมติฐาน ปริมาณการเก็บเกี่ยวผลผลิตเท่ากับปริมาณการขายได้ ดังนั้น หากมีผลผลิตที่เสียหายในระหว่างการเพาะปลูกหรือการเก็บเกี่ยวมากกว่าการประมาณการ หรือไม่สามารถขายได้ในปริมาณที่เท่ากับการเก็บเกี่ยว รายรับของเกษตรกรที่เกิดขึ้นก็จะน้อยกว่าที่คาดการณ์ไว้ และส่งผลต่อผลกำไรที่เกษตรกรจะได้รับเช่นกัน

การวิเคราะห์คุ้มทุนไม่สามารถเปรียบเทียบได้ว่าการปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล A หรือ B ที่ให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนที่ดีกว่ากัน ประกอบกับระยะเวลาของการปลูกไผ่ของทั้ง 2 โมเดลไม่เท่ากัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้วิเคราะห์ IRR และ NPV ของการปลูกไผ่ของ 2 โมเดลเพื่อเปรียบเทียบอัตราผลตอบแทนการลงทุน ซึ่งมีรายละเอียดอยู่ในส่วนถัดไป

4.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน NPV และ IRR

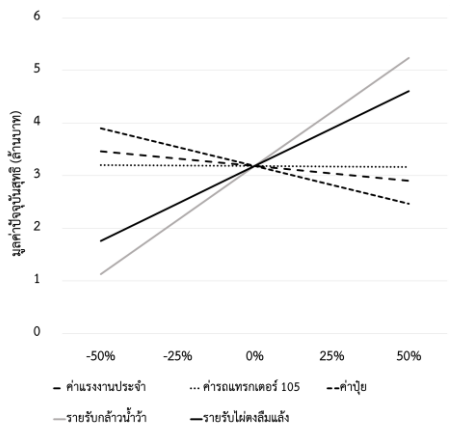
การวิเคราะห์ NPV ใช้ต้นทุนจากหัวข้อ 4.1 และรายรับจาก หัวข้อ 4.2 และใช้อัตราดอกเบี้ย MARR เท่ากับ 10% แทนค่าและนำไปหาค่า NPV จากผลการวิเคราะห์ NPV พบว่า NPV ของการปลูกไผ่แบบผสมผสานของโมเดล A และโมเดล B เท่ากับ 15,625,716 บาท และ 19,401,204 บาท ตามลำดับ สรุปได้ว่า NPV ของการลงทุนปลูกไผ่ของทั้ง 2 โมเดลมีค่ามากกว่า 0 แสดงว่าการลงทุนปลูกไผ่ของทั้งโมเดล A และโมเดล B มีความน่าสนใจที่จะลงทุน และเมื่อเปรียบเทียบมูลค่าของ NPV ระหว่างโมเดล A และ B การลงทุนปลูกไผ่ตามแนวทางของโมเดล B มีค่า NPV สูงกว่าการลงทุนปลูกไผ่ตามแนวทางของโมเดล A

ในขณะที่การวิเคราะห์ IRR นำต้นทุนจาก 4.1 และรายรับจาก 4.2 มาแทนค่าและคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุน IRR จากผลการวิเคราะห์ IRR ของโมเดล A พบว่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับ 73.41% และอัตราผลตอบแทนการลงทุนของโมเดล B เท่ากับ 62.08% สรุปได้ว่าทั้ง 2 โมเดลให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนมากกว่าอัตราผลตอบแทนการการลงทุนที่สนใจหรือเท่ากับ 10% และเมื่อเปรียบเทียบอัตราผลตอบแทนระหว่างโมเดล A และ B การลงทุนปลูกไผ่ตามแนวทางของโมเดล A มีอัตราผลตอบแทนการลงทุนสูงกว่าการลงทุนปลูกไผ่ตามแนวทางของโมเดล B

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนสรุปได้ว่าการปลูกไผ่แบบผสมผสานทั้งโมเดล A และโมเดล B มีความคุ้มค่าในการลงทุน เมื่อมีการปลูกพืชบนพื้นที่ 40 ไร่ ถึงแม้ว่าการปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล B จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่สูงกว่าโมเดล B แต่ให้อัตราผลตอบแทนภายในที่ต่ำกว่าโมเดล A เพราะการปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล B มีการลงทุนที่สูงกว่าและมีรายรับเริ่มต้นครั้งแรกในปีที่ 3 ในขณะที่การปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล A สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตขายได้ตั้งแต่ปีที่ 1 หากเกษตรกรต้องการรายรับเร็วและลงทุนต่ำกว่าอาจจะต้องเลือกการปลูกไผ่แบบผสมผสานโมเดล A

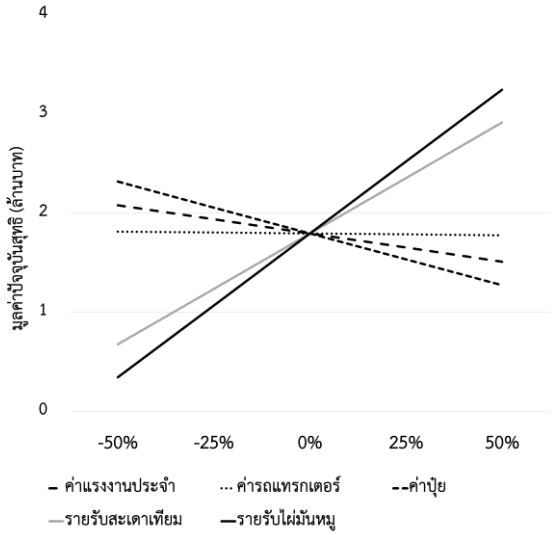
4.4 การวิเคราะห์ความไว

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโมเดล A แสดงในรูปที่ 4 จากการวิเคราะห์ความไวพบว่า รายรับจากการขายผลผลิตจากการปลูกกล้วยน้ำหว้ามีความไวต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากที่สุดและรองลงมาเป็นรายรับจากผลผลิตของไผ่ตรงลืมแล้ง แสดงว่าปริมาณและราคาของผลผลิตเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิ หากมีการเปลี่ยนแปลงของรายรับจากพืชทั้ง 2 ชนิด ส่งผลผลกระทบผลตอบแทนและความคุ้มค่าของการลงทุนในการปลูกไผ่ตามโมเดล A และสามารถสรุปได้ว่ากล้วยน้ำหว้าซึ่งเป็นพืชแซมมีกระทบต่อการลงทุนมากกว่าไผ่ตรงลืมแล้งซึ่งเป็นพืชหลักของการเพาะปลูกไผ่แปลงใหญ่



รูปที่ 4 การวิเคราะห์ความไวของการปลูกไผ่โมเดล A

จากการวิเคราะห์ความไวของโมเดล B ตามรูปที่ 5 พบว่า รายรับจากการขายผลผลิตจากการไผ่มันหมูมีความไวต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากที่สุดและรองลงมาเป็นรายรับจากผลผลิตของสะเดาเทียม ผลการวิเคราะห์ความไวมีลักษณะที่คล้ายกับโมเดล A คือ รายรับจากการขายผลผลิตของพืชที่ปลูกทั้ง 2 ชนิดมีผลกระทบผลตอบแทนและความคุ้มค่าของการลงทุนในการปลูกไผ่



รูปที่ 5 การวิเคราะห์ความไวของการปลูกไผ่โมเดล B

การวิเคราะห์ความไวของการปลูกไผ่ทั้ง 2 โมเดลสรุปได้ว่า ความคุ้มค่าต่อการลงทุนในการทำการปลูกไผ่หรือเกษตรกรรมจะขึ้นอยู่กับการดูแลพืชให้มีผลผลิตที่ดีมีคุณภาพและได้ปริมาณตามที่ต้องการ อีกทั้งราคาของผลผลิตจากพืชยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อรายรับของเกษตรกรที่ได้จากการปลูกไผ่และส่งผลกำไรที่ได้รับเช่นกัน

5. สรุป

จากการศึกษาวิธีการปลูกและข้อมูลต่างๆ จากแปลงทดลองจากบริษัทที่ทำการทดลองปลูกไผ่แบบผสมผสาน ทำให้ทราบถึงกระบวนการและขั้นตอนต่างๆ ที่สามารถนำไปประมาณการต้นทุนของการปลูกได้ และประมาณการรายรับจากปริมาณผลผลิตที่คาดการณ์จากผลผลิตที่ได้ต่อต้นและนำไปประมาณการเป็นรายรับในแต่ละปี สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 12 สรุปการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและความคุ้มค่าในการลงทุน

รูปแบบ	จุดคุ้มทุน (ไร่)	NPV (ล้านบาท)	IRR (%)
โมเดล A	5.02	15.63	73.41
โมเดล B	3.27	19.40	62.80

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนพบว่า เกษตรสามารถสร้างรายได้จากการปลูกไผ่แบบผสมผสานทั้งโมเดล A และโมเดล B บนพื้นขนาดของพื้นที่เพาะปลูกที่ไม่จำเป็นต้องเป็นแปลงใหญ่ โมเดล A สร้างรายได้ตั้งแต่การปลูกไผ่แบบผสมผสานทั้งแต่ 6 ไร่ขึ้นไป ในขณะที่โมเดล B ใช้พื้นที่น้อยกว่า คือ สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรทั้งแต่การเพาะปลูก 4 ไร่ ขึ้นไป และเมื่อวิเคราะห์ความน่าสนใจในการลงทุนพบว่าทั้ง 2 โมเดล มีความคุ้มค่าในการลงทุนและให้อัตราผลตอบแทนที่น่าพึงพอใจ ดังนั้นเกษตรสามารถใช้โมเดลการปลูกไผ่แบบผสมผสานกับพืชต่างชนิดจากงานวิจัยนี้เป็นแนวทางในการเพาะปลูกพืชบนที่ดินของตนเอง เพื่อสร้างรายได้และลดความเสี่ยงจากการปลูกพืชเชิงเดี่ยว และที่สำคัญยังเป็นการส่งเสริมการปลูกพืชตามโมเดล BCG การปลูกไผ่แบบผสมผสานในงานวิจัยนี้ใช้หลักการประมาณการผลผลิตและราคาที่อยู่ในระดับปกติ ไม่ได้รวมความเสี่ยงและปัจจัยอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อปริมาณผลผลิต ราคาขาย และต้นทุนต่างๆ แต่จากการวิเคราะห์ความไวทำให้ทราบว่า ราคาของผลผลิตมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของรายได้สุทธิ ดังนั้นหากตลาดมีความผันผวนของราคาอาจจะส่งผลกระทบต่อรายได้และอาจทำให้ผลตอบแทนมีการเปลี่ยนแปลงอีกด้วย

6. ข้อเสนอแนะ

- การศึกษาและวิเคราะห์ภายใต้เงื่อนไขการวางแผนและพยากรณ์ผลผลิตตามทฤษฎีเบื้องต้น โดยผลผลิตที่คาดการณ์อาจมีความคลาดเคลื่อนหากมีปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง หรือโรคระบาดในพืชแต่ละชนิดเข้ามามีผลกระทบ
- การทดลองปลูกพืชชนิดอื่นเพิ่มเติมที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและตลาดในพื้นที่จะช่วยเสริมความคุ้มค่าในการลงทุนได้ดียิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนสนับสนุนการวิจัย นวัตกรรมและการสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Thansettakij. Thai agriculture sector is nearing exhaustion, high costs in contrast to income [online]. (2025). [Cited January 19, 2025]. Available: https: //www.thansettakij.com/ business/ economy /584833.

[2] A. Tancho, *Natural Agriculture 2013: Concepts and practices in Thailand* (3rd ed.), Chiang Mai, Thailand: Trio Advertising & Media, 2013.

[3] Salika.Get to know 'Bamboo', a new alternative for being a green plant that evolves the BCG economy,[online].(2023). [Cited January 19, 2023]. Available: https://www.salika.co/2022/02/21/ bamboo-new-bcg-economic-products/.

[4] K. Sombun, *Bamboo cultivation and management*, Forest Economics and Product Research Office, Royal Forest Department, 2004, pp. 36-43 (in Thai).

[5] Lungporn. Kasetkaoklai.General characteristics of Pakchong 50 Banana [online]. (2025). [Cited Novem- ber 10, 2024]. Available: https: //www.Kasetkao klai.com/home/2016/09/ปลูกกล้วยน้ำว้ารวยได้/.

[6] Technologychaoban. How to grow 'Nam Wha bana- nas' for year-round sales, following the formula of researchers from the Pak Chong Research Station [online]. (2025) [Cited November 10, 2024]. Available: https://www.Technologychaoban.com/agricultural-technology/ article_182583/.

[7] Nai Kaset, Thairath Online. Man-Moo Bamboo sweet and delicious shoots online]. (2025).[Cited Novem- ber 10, 2024]. Available : https://thairath.co.th/ content/175203/.

[8] W. G. Sullivan, E. M. Wicks, and C. P. Koelling, *Engineering Economy*, (16th ed.), New Jersey, USA: Pearson Prentice Hall, 2015.

[9] C. H. Park, *Contemporary Engineering Economics*, (4th ed.), New Jersey, USA: Pearson Prentice Hall, 2007.

[10] J. Kheamkhan and N. Prachum, " A comparison of costs and returns in raising seaweed, crickets, and superworms for making innovative replacement protein to the animal feed industry," *J. Grad. Sch. Pitchayatat Ubon Rachathani Rajabhat Univ.,* vol. 15, no. 3, pp. 53–59, Sep.-Dec. 2020 (in Thai).

[11] C. Samritsakul, "Costs and returns of farmers growing holy basil and sweet basil: A comparison between good agricultural practices (GAP) farming and conventional farming," *J. Modern Manag. Sci.*, vol. 9, no. 2, pp. 68–83, Jul.-Dec. 2016 (in Thai).

[12] K. Jareonvonget *et al.,* " Yield assessment and financial analysis of *Azadirachta indica A. Juss. var. siamensis* Valeton in Prachuap Khiri Khan Silvicultural Research Station, Prachuap Khiri Khan province," *J. Econ. Manag. Strategy,* vol. 9, no. 1, pp. 50-65, Jan.-Jun. 2020 (in Thai).

[13] N. Chunud, U. Sengpanich, and R. Sittioum, "Cost and return analysis of planting Hom Thong bananas in Muang District, Phitsanulok Province," *Humanit. Soc. Sci. J. Grad. Sch., Pibulsongkram Rajabhat Univ.,* vol. 14, no. 2, pp. 564–577, Jul.-Dec. 2020 (in Thai).

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
The Journal of Industrial Technology Thepsatri Rajaphat University
โทรศัพท์ 036-422125 เว็บไซต์ https://itech.tru.ac.th/tci